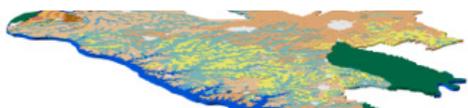
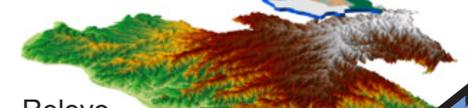


Aptidão



Solos



Relevo



Municípios



**MUNICÍPIOS
FORMADORES DA
BACIA DO PARANÁ 3 E PALOTINA:
ESTUDOS DE CLIMA, SOLOS E
APTIDÃO DAS TERRAS PARA O CULTIVO DO EUCALIPTO**



*João Bosco Vasconcellos Gomes
Marcos Silveira Wrege
Editores técnicos*



Embrapa

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

**MUNICÍPIOS FORMADORES DA
BACIA DO PARANÁ 3 E PALOTINA:
ESTUDOS DE CLIMA, SOLOS E
APTIDÃO DAS TERRAS PARA O CULTIVO DO EUCALIPTO**

João Bosco Vasconcellos Gomes

Marcos Silveira Wrege

Editores técnicos

Embrapa Florestas
Colombo, PR
2020

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da
Embrapa Florestas

Presidente
Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente
José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva
Elisabete Marques Oaida

Membros
Annete Bonnet
Cristiane Aparecida Fioravante Reis
Guilherme Schnell e Schühli
Krisle da Silva
Marcelo Francia Arco-Verde
Marcia Toffani Simão Soares
Marilice Cordeiro Garrastazu
Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial
José Elidney Pinto Júnior

Revisão de texto
José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica
Francisca Rasche

Projeto gráfico, editoração eletrônica, capa
Neide Makiko Furukawa

Fotos capa
Wilson Anderson Holler (superior esquerda)
João Bosco Vasconcellos Gomes (superior direita,
central direita, inferior direita, central esquerda,
inferior esquerda e quarta capa)
Marcos Silveira Wrege (central esquerda)

1ª edição
Publicação digital (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 Florestas

Gomes, João Bosco Vasconcellos.

Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina: estudos de clima,
solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto / João Bosco Vasconcellos
Gomes, Marcos Silveira Wrege, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2020.
PDF (104 p. : il. color.)

Modo de acesso: World Wide Web:

<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/14>

Acompanha os mapas: Aptidão das terras... disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218094/1/Bioeste-A1-BP3-Palotina-Aptidao.pdf>
Atualização do levantamento e reconhecimento de solos... disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218093/1/Bioeste-A1-BP3-Palotina-Solos.pdf>.

ISBN 978-65-86056-27-3

1. *Eucalyptus*. 2. Aptidão agrícola das terras. 3. Mapeamento. 4. Zoneamento
climático. I. Wrege, Marcos Silveira. II. Título. III. Embrapa Florestas.

CDD (21. ed.) 634.98162

Autores

Alcides Cardoso

Engenheiro-agrônomo, mestre em Geociências, pesquisador aposentado da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Américo Pereira de Carvalho

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, pesquisador aposentado da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Antonio Francisco Jurado Bellote

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador aposentado da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Edilson Batista Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Guilherme de Castro Andrade

Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Gustavo Ribas Cúrcio

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Itamar Antonio Bognola

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

João Bosco Vasconcellos Gomes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Márcia Toffani Simão Soares

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Marcos da Silva Wrege

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Moacyr de Jesus Rauen

Engenheiro-agrônomo, mestre em Gênese e Classificação de Solos, pesquisador aposentado da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Pablo Ricardo Nietzsche

Engenheiro Agrícola, doutor em Agronomia, pesquisador da IDR (Iapar), Londrina, PR

Paulo Eduardo Telles dos Santos

Engenheiro-agrônomo e Engenheiro Florestal, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Reinaldo Oscar Pötter

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, pesquisador aposentado da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Shizuo Maeda

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Wilson Anderson Holler

Engenheiro cartógrafo, mestre em Desenvolvimento de Tecnologia, analista da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Apresentação

Os capítulos que formam o presente livro são ações de pesquisa do Projeto Bioeste Florestas, uma parceria Itaipu Binacional, Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás (CIBiogás) e Embrapa Florestas. O projeto Bioeste Florestas foi criado para dar bases mais sólidas ao plantio de árvores (eucalipto) para a produção de energia a partir de biomassa florestal na região Oeste do Paraná.

Para o setor de grãos e proteína animal continuar crescendo na região, a produção de energia a partir de biomassa florestal é um fator estratégico. Nesse sentido, os estudos espaciais do meio-físico envolvendo solos, clima e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina, se constituem em ferramentas para o planejamento da atividade florestal em nível regional. Os atores locais, principalmente agentes públicos e gestores de cooperativas, poderão usufruir desses estudos para um desenvolvimento mais sustentável e profissional da silvicultura regional.

Marcílio José Thomazini

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Florestas

Sumário

Capítulo 1

Características gerais dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina

João Bosco Vasconcellos Gomes, Marcos Silveira Wrege, Wilson Anderson Holler, Itamar Antônio Bognola..... 11

Capítulo 2

Zoneamento agrícola de espécies de eucalipto para municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina

Marcos Silveira Wrege, João Bosco Vasconcellos Gomes, Itamar Antônio Bognola Wilson Anderson Holler, Márcia Toffani Simão Soares, Guilherme de Castro Andrade, Pablo Ricardo Nietsche 17

Capítulo 3

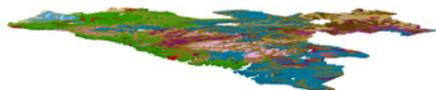
Atualização do levantamento de reconhecimento de solos dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina

Itamar Antonio Bognola, João Bosco Vasconcellos Gomes, Wilson Anderson Holler, Gustavo Ribas Cúrcio, Moacyr de Jesus Rauen, Américo Pereira de Carvalho, Reinaldo Oscar Pötter, Alcides Cardoso 41

Capítulo 4

Aptidão das terras para o cultivo de eucalipto metodologia e aplicação nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina

João Bosco Vasconcellos Gomes, Marcos da Silva Wrege, Itamar Antonio Bognola, Wilson Anderson Holler, Antonio Francisco Jurado Bellote, Paulo Eduardo Telles dos Santos, Guilherme de Castro Andrade, Márcia Toffani Simão Soares, Shizuo Maeda, Edilson Batista Oliveira..... 73



Aptidão



Solos



Relevo



Municípios

1

Características gerais dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina

*João Bosco Vasconcellos Gomes
Marcos Silveira Wrege
Wilson Anderson Holler
Itamar Antônio Bognola*

Introdução

A Bacia do Paraná 3 (BP3) e o município de Palotina estão situados na mesorregião oeste do Paraná. O perímetro da área de estudo compreende 29 municípios, formados por 28 municípios que apresentam alguma sobreposição de área com a BP3 (Águas Paraná, 2014b - Cascavel, Céu Azul, Diamante do Oeste, Entre Rios do Oeste, Foz do Iguaçu, Guaíra, Itaipulândia, Marechal Cândido Rondon, Maripá, Matelândia, Medianeira, Mercedes, Missal, Nova Santa Rosa, Ouro Verde do Oeste, Pato Bragado, Quatro Pontes, Ramilândia, Santa Helena, Santa Teresa do Oeste, Santa Teresinha de Itaipu, São José das Palmeiras, São Miguel do Iguaçu, São Pedro do Iguaçu, Terra Roxa, Toledo, Tupãssi e Vera Cruz do Oeste), mais o município de Palotina (Figura 1). Assim, a definição do perímetro do estudo extrapola a BP3, ao englobar a área total de todos os municípios que apresentam alguma sobreposição com a própria BP3, além da área total do município de Palotina.

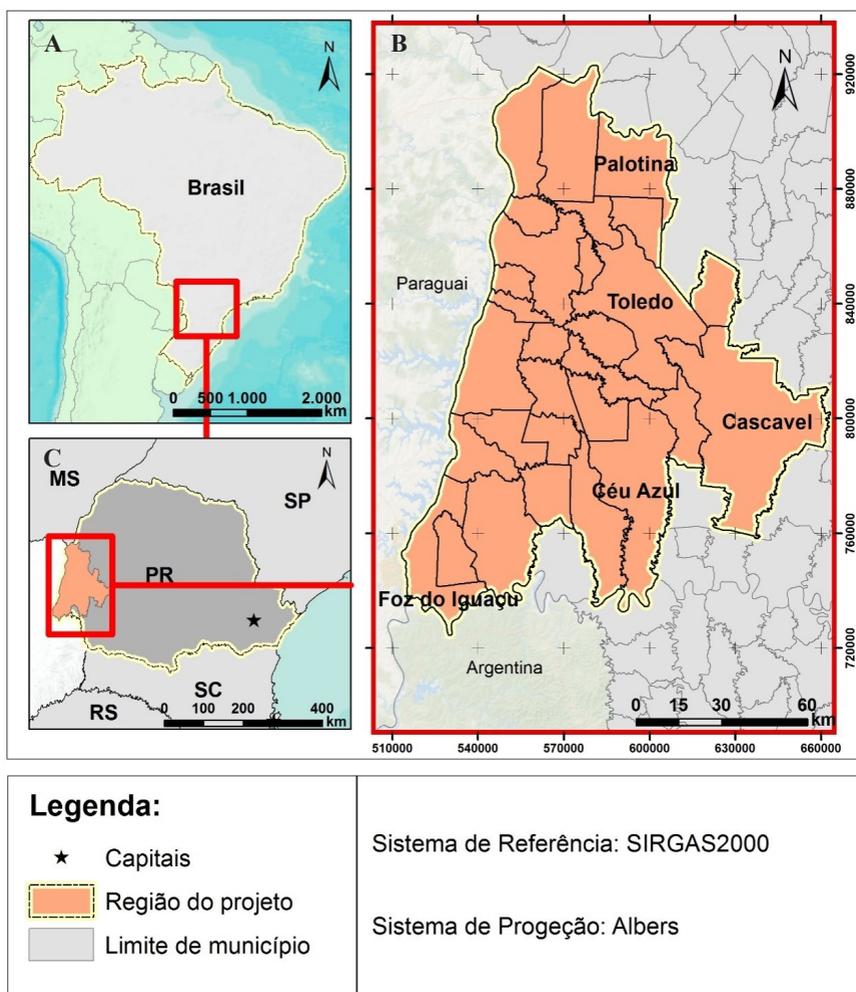


Figura 1. Localização do estado do Paraná no Brasil (A) e da área de estudo (municípios formadores da Bacia do Paraná 3 mais o município de Palotina) no estado do Paraná (B) e mapa da área de estudo com coordenadas e municípios vizinhos (C).

A região tem sua economia baseada na atividade agrícola (Águas Paraná, 2014a), o que é alavancado por um ótimo volume de terras com condições de solos e clima propícias para uma agricultura industrial (Zanão; Medeiros, 2015). A força das cooperativas e agroindústrias da região são um reflexo disso.

A área de estudo é delimitada pelas coordenadas geográficas 23°58'52''S e 53°4'19''O a nordeste e 25°41'50''S e 54°37'9''O a sudoeste, apresenta altitude média de 393 m (variando de 101 m, em Foz do Iguaçu, a 875 m, em Cascavel) e tem extensão territorial de 14.696,85 km². Possui uma grande área de preservação, o Parque Nacional do Iguaçu, que extrapola a área do estudo, tendo em sobreposição a ela 1.462,76 km². As áreas urbanas dos 29 municípios somam 562,62 km² e as terras indígenas 25,42 km². A soma das áreas de preservação ambiental das áreas urbanas, das massas de água e das terras indígenas é 2.806,97 km². Neste capítulo inicial, além da delimitação do perímetro espacial e político, são fornecidas informações gerais de clima, vegetação nativa, geologia e geomorfologia da área de estudo, as quais auxiliam a leitura dos capítulos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto da mesma região.

Clima e vegetação nativa

A região de interesse apresenta temperatura média anual variando de 19 °C a 23 °C, mês mais quente (janeiro) variando de 23 °C a 26 °C e mês mais frio (junho) variando de 14 °C a 18 °C. A precipitação pluviométrica média anual varia de 1.700 mm a 2.200 mm, o trimestre mais chuvoso é dezembro-janeiro-fevereiro (média histórica variando de 460 mm a 580 mm), o trimestre menos chuvoso é junho-julho-agosto (média histórica variando de 260 mm a 420 mm). A região comporta florestas subtropicais e tropicais subperenifólias e perenifólias (Bhering; Santos, 2008), apresentando clima do tipo Cfa da classificação de Köppen, variando entre o clima subtropical e o subtropical na classificação de Köppen modificada por Maluf, para a região Sul do Brasil (Wrege et al., 2011).

Geologia

A área faz parte do Terceiro Planalto Paranaense, com grande homogeneidade geológica associada à Era Mesozoica. A maior parte da área está relacionada às rochas eruptivas derivadas do vulcanismo da Bacia do Paraná e uma pequena parte, ao norte da área, sofre influência de rochas sedimentares da Formação Caiuá (arenito).

O vulcanismo da Bacia do Paraná, pertencente à Formação Serra Geral, compreende um sucessivo derramamento de lavas, tendo a fase principal da atividade vulcânica ocorrida entre 133-132 milhões de anos antes do presente, com migração do magmatismo do sul para o norte (Marques; Ernesto, 2004). A espessura total das rochas basálticas na região oscila entre 632 m a 920 m (Rosa Filho et al., 2006).

As rochas vulcânicas da Bacia são representadas predominantemente por basaltos (Nardy, 1995; Marques; Ernesto, 2004). Essas rochas básicas são responsáveis pela formação de solos muito argilosos, com grande quantidade de minerais pesados, como ferro, titânio e manganês. Sobreposto às rochas eruptivas, a porção norte da área de estudo sofre influência variável do pacote sedimentar da Formação Caiuá. Os solos decrescem o seu teor de argila quanto maior a influência do pacote sedimentar do arenito. Sedimentos fluviais e paludais do Quaternário ocupam áreas mais reduzidas, dando origem às planícies sob diferentes graus de hidromorfismo.

Geomorfologia

A área do estudo está englobada pelas subunidades morfoestruturais Planalto de Campo Mourão, Planalto de Umuarama, Planalto de Cascavel, Planalto do São Francisco e Planalto de Foz do Iguaçu (Santos et al., 2006).

O relevo apresenta dissecação predominante média (declividades <12%), com topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”. As altitudes variam de aproximadamente 120 m, no Planalto de Foz do Iguaçu, até 800 m, no Planalto de Cascavel (Atlas..., 2006). A Figura 2 apresenta um mapa hipsométrico da região (Figura 2A) e traça dois perfis topográficos da região, no sentido sudoeste-nordeste, que parte do seu ponto mais baixo (Figura 2B) e no sentido leste-oeste, que termina no seu ponto mais alto (Figura 2C).

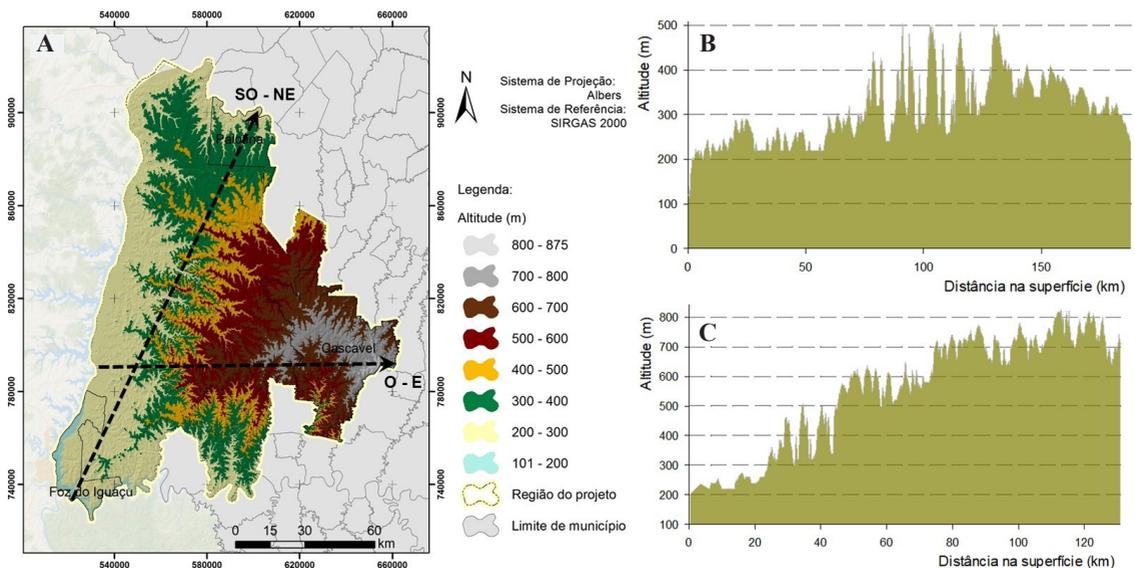


Figura 2. Mapa hipsométrico da área de estudo (municípios formadores da Bacia do Paraná 3 mais o município de Palotina), com dois cortes (A) que localizam os perfis topográficos SO – NE (B) e O – E (C).

Considerações finais

Os municípios da BP3 e Palotina, situados na mesorregião oeste do Paraná, formam um conjunto de 29 municípios. A região comporta florestas subtropicais e tropicais subperenifólias e perenifólias, variando entre o clima subtropical e o subt temperado. A área faz parte do Terceiro Planalto Paranaense, sendo que sua maior parte está relacionada às rochas eruptivas (básicas) derivadas do vulcanismo da Bacia do Paraná e uma pequena parte, ao norte da área, sofre influência de rochas sedimentares da Formação Caiuá (arenito). O relevo apresenta dissecação predominante média (declividades < 12%), com topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”. As altitudes variam de aproximadamente 120 m, no Planalto de Foz do Iguaçu, até 800 m, no Planalto de Cascavel.

Essa curta apresentação de alguns aspectos relacionados a geografia física e a oferta ambiental do perímetro estudado, ajudam a entender por que o agronegócio se apresenta como o principal agente econômico e de desenvolvimento da região oeste do Paraná. A atividade agrícola local é alavancada por uma conjunção profícua de solos, clima e do nível tecnológico alcançado pelos atores de produção. Para além da pungente atividade agrícola, a região conta com uma fornecedora de energia extremamente importante para o Brasil e o Paraguai, a hidrelétrica de Itaipu, e um polo turístico muito forte concentrado nas Cataratas do Iguaçu e na barragem da usina hidrelétrica, ambos localizados em Foz do Iguaçu.

Referências

- ÁGUAS PARANÁ. Instituto das Águas do Paraná. **Plano de bacia**: Paraná 3: produto 01: características gerais da bacia. Cascavel: Unioeste, 2014a. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/pagina-239.html>. Acesso: 23 jul. 2020.
- ÁGUAS PARANÁ. Instituto das Águas do Paraná. **Plano de bacia**: Paraná 3: produto 02: regionalização. Cascavel: Unioeste, 2014b. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/pagina-239.html>. Acesso em: 23 jul. 2020.
- ATLAS geomorfológico do Estado do Paraná, escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000. Curitiba: Mineropar; Universidade Federal do Paraná, 2016. 63 p.
- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos (ed.). **Mapa de solos Estado do Paraná**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Colombo: Embrapa Florestas; Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2008.
- MARQUES, L. S.; ERNESTO, M. O magmatismo toleítico da bacia do Paraná. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C.; BRITO-NEVES, B. B. (org.). **Geologia do Continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flávio de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 245-263.
- NARDY, A. J. R. **Geologia e petrologia do vulcanismo mesozóico da região central da Bacia do Paraná**. 1995. 316 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- ROSA FILHO, E. F.; BITTENCOURT, A. V. L.; HINDI, E. C.; BITTENCOURT, E. Estudo sobre os tipos das águas e as condicionantes estruturais do sistema aquífero guarani no extremo Oeste do estado do Paraná. **Águas Subterrâneas**, v. 20, p. 39-48, 2006.
- SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, p. 3-12, 2006.
- WREGG, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de. **Atlas climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 332 p.
- ZANÃO J. L. A.; MEDEIROS, G. B. Caracterização dos solos do entorno do reservatório de Itaipu. In: ZANÃO J., L. A.; FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H. (ed.) **Produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu**. Londrina: IAPAR, 2015. p. 117-151.

2

Zoneamento agrícola de espécies de eucalipto para municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina

*Marcos Silveira Wrege
João Bosco Vasconcellos Gomes
Itamar Antônio Bognola
Wilson Anderson Holler
Márcia Toffani Simão Soares
Guilherme de Castro Andrade
Pablo Ricardo Nietzsche*

Introdução

A combinação perfeita entre a espécie (ou clone), o sistema de manejo e os fatores pedoclimáticos é essencial para alavancar a produtividade dos plantios comerciais do eucalipto e colaborar para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético.

O objetivo do trabalho apresentado neste capítulo foi o de realizar uma análise dos riscos climáticos para o desenvolvimento do eucalipto, em nível de espécie, nos municípios da Bacia do Paraná 3 (BP3), acrescidos de Palotina, que se localiza na porção noroeste da área de estudo. Características gerais da região são apresentadas por Gomes et al. (2020).

Espécies comerciais de eucalipto de interesse à região

As florestas plantadas brasileiras apresentam os maiores índices de crescimento do mundo, alcançando para o cultivo do eucalipto um incremento médio anual de $36 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. De um total de 7,86 milhões de ha de plantações florestais do País, o eucalipto representa a maior área, com 5,7 milhões de ha, ou 72,5%, destacando-se a produção de celulose e papel e biomassa de madeira para energia. O estado do Paraná tem a sétima maior área plantada (3%), atrás de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (16%) (IBÁ, 2019).

As espécies do gênero *Eucalyptus* são cultivadas em mais de 100 países de clima subtropical e tropical. Quatro espécies de *Eucalyptus* se destacam comercialmente para cultivo no estado do Paraná: *Eucalyptus grandis*, o híbrido “urograndis”, *E. benthamii* e *E. dunnii*. A espécie mais plantada no Paraná e no Brasil é *E. grandis*, alcançando grande produtividade sob condições tropicais, sendo que o Brasil tem a maior área plantada do mundo dessa espécie, que também é muito cultivada em outros países da América, África e Ásia (Eldridge et al., 1994). O híbrido “urograndis” também é muito plantado. *E. benthamii* apresenta uma área menor de plantio, mas sua utilização tem sido estratégica em regiões mais frias. *E. benthamii*, como as outras espécies do gênero, é originário da Austrália, porém de regiões com clima subtropical e ocorrência de geadas (Higa; Wrege, 2010; Wrege et al., 2017).

Riscos climáticos

Os riscos climáticos de um local qualquer dependem, principalmente, da altitude, da latitude e do comportamento das frentes frias. A variação de altitude tem forte correlação (inversa) com a temperatura do ar, decrescendo $1 \text{ }^\circ\text{C}$ a cada aumento de 100 m de altitude, considerando o gradiente adiabático do ar seco. Na região da BP3 e de Palotina, bem como para o restante do Paraná, ocorre, na prática, uma redução média de $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ a $0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ a cada 100 m de altitude (Maack, 1968; Ometto, 1981), considerando a umidade relativa do ar. Portanto, uma região de latitudes médias, como é o caso da área desse estudo, as diferenças de temperatura que ocorrem em pequenas distâncias são basicamente um efeito das variações de altitude (Ometto, 1981; Fritzsons et al., 2016). A BP3 possui um intervalo de altitude variando entre

pouco mais de 100 m e pouco menos de 900 m, o que representa uma diferença de aproximadamente 800 m entre as regiões de menor e de maior altitude. Isso acarreta variações da temperatura de 4 °C a 8 °C, favorecendo a existência de microclimas diferenciados entre as regiões da bacia (Wrege et al., 2018a).

A ocorrência de geada também tem correlação (inversa) com a temperatura mínima medida no abrigo meteorológico, isto é, quanto menor a temperatura, maior o risco de geada. O abrigo é situado a 1,5 m de altura, sendo que ocorre uma diferença de 3 °C entre o abrigo e a relva. Desse modo, quando a temperatura mínima no abrigo registra 3 °C, a temperatura na relva encontra-se a 0 °C, apresentando condições favoráveis à ocorrência de geada (Grodzki et al., 1996). Na área de estudo, a ocorrência de geada é comum, principalmente nas regiões de maior altitude, onde as temperaturas são menores (Wrege et al., 2018a, 2018b), como é o caso de Cascavel, município com a maior altitude da região. Nas regiões de menor altitude, as geadas são esporádicas, como nos municípios de Terra Roxa, Guaíra e Palotina. A geada representa um importante fator de restrição aos reflorestamentos com eucalipto, na região Sul do País, considerando a baixa disponibilidade de materiais comerciais para regiões frias, comparativamente àqueles para condição tropical (que não toleram geada) (Higa; Wrege, 2010). As principais opções de germoplasmas para regiões com risco de geada são das espécies *E. benthamii*, *E. dunnii*, *E. badjensis* e *E. viminalis*. Estas espécies vegetam bem nas regiões altas do sul do Brasil, sem, contudo, serem totalmente imunes aos efeitos das geadas. A produtividade dos reflorestamentos de eucalipto no sul do Brasil é muito afetada pela presença de geadas, sendo inapropriado a simples comparação dos germoplasmas utilizados nesses locais de elevado risco de geada com outros materiais utilizados em condições onde esse risco não ocorre. Um desafio importante diz respeito à recalcitrância dos germoplasmas subtropicais à propagação vegetativa, dificultando o surgimento de clones comerciais.

Zoneamento agrícola do eucalipto nos municípios da BP3 e Palotina

O zoneamento agrícola é um instrumento que tem como objetivo orientar os produtores rurais quanto aos riscos climáticos de se plantar uma determinada espécie em uma área. As épocas de plantio mais favoráveis também são informadas, embora esse aspecto seja mais importante para os cultivos anuais (Assad et al., 2001). Os riscos podem ser bastante reduzidos se o plantio for realizado nas áreas e nas épocas de menor risco climático, de acordo com o indicado pelas análises do zoneamento, feito por cultura e por região.

A ocorrência de geada, de déficit hídrico e de temperaturas altas são os fatores que geram os maiores riscos climáticos na região do estudo e estão relacionados com a maioria dos sinistros agrícolas (Göpfert et al., 1993; Gonçalves et al., 2019). Dessa forma, esses três fatores foram utilizados para elaborar o zoneamento das principais espécies de eucalipto, no perímetro dos municípios da BP3 e Palotina, em uma escala de planejamento municipal (Wrege et al., 2011, 2018a, 2018b).

Além destes fatores, o risco de temperaturas elevadas no verão também foi considerado. Em muitos anos ocorre o fenômeno do veranico, onde a combinação de períodos sem chuva e temperaturas muito elevadas causam danos às mudas jovens colocadas no campo (as mudas “cozinham” de tanto calor). Por esta razão, nessas regiões de menor altitude, muitos produtores realizam o plantio, a partir de julho, mesmo sendo a época mais fria do ano e sujeita ao maior risco de geada. Nas regiões de maior altitude, essa estratégia é abandonada, em função dos maiores riscos de ocorrência de geada.

Metodologia

Foram elaborados zoneamentos agrícolas de risco climático para três espécies de eucalipto cultivadas na região. Nestes zoneamentos, foram considerados risco de geada, déficit hídrico e temperaturas elevadas, os quais são condicionantes de quebra de safras do cultivo do eucalipto (Gonçalves et al., 2019).

Base de dados climáticos

O trabalho utilizou três redes de estações meteorológicas englobando o perímetro de estudo e áreas contíguas (Figura 1 e Tabela 1): i) Rede do Iapar (atual IDR-PR), com quatro estações, compreendendo o período base de 1981 a 2010; ii) Rede do Sistema Meteorológico do Paraná - Simepar, com quatro estações; e iii) Rede do Instituto das Águas do Paraná, com 31 estações. As três redes somam 39 estações meteorológicas. As estações localizadas em áreas contíguas do perímetro de abrangência do estudo têm a finalidade de melhorar a interpolação dos dados nas áreas limítrofes desse mesmo perímetro.

Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina:
estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto



Figura 1. Localização das estações meteorológicas utilizadas no zoneamento de risco climático dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina. Alguns municípios apresentam até três estações meteorológicas, pertencentes às diferentes redes - Iapar, Simepar e Instituto das Águas do Paraná).

Tabela 1. Estações meteorológicas e coordenadas geográficas utilizadas no zoneamento de risco climático dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Estação meteorológica	Instituição	Latitude °S	Longitude °O	Altitude (m)
Assis Chateaubriand	Instituto das Águas	-24,61	-53,61	501
Assis Chateaubriand	Simepar	-24,91	-54,20	248
Cascavel - Rio do Salto	Instituto das Águas	-25,14	-53,33	633
Cascavel - São João do Oeste	Instituto das Águas	-24,96	-53,24	662
Cascavel	Iapar	-24,61	-53,61	501
Catanduvras	Instituto das Águas	-25,20	-53,13	650
Catanduvras - Torre Alta	Instituto das Águas	-25,22	-53,05	600
Céu Azul	Instituto das Águas	-25,16	-53,85	650
Corbélia	Instituto das Águas	-24,80	-53,29	696
Diamante do Oeste - Ponte Queimada	Instituto das Águas	-24,91	-54,20	248
Entre Rios do Oeste	Instituto das Águas	-24,69	-54,23	239
Foz do Iguaçu - CACIC	Instituto das Águas	-25,31	-54,41	245
Foz do Iguaçu - Salto Cataratas	Instituto das Águas	-25,68	-54,43	152
Foz do Iguaçu	Simepar	-25,31	-54,41	245
Guaira - Rancho Alegre	Instituto das Águas	-24,31	-54,15	340
Iporã	Instituto das Águas	-24,17	-53,73	270
Itaipulândia	Instituto das Águas	-25,11	-54,40	244
Maripá - Vila Maripá	Instituto das Águas	-24,42	-53,83	394

Continua...

Tabela 1. Continuação...

Estação meteorológica	Instituição	Latitude °S	Longitude °O	Altitude (m)
Matelândia - Floriano	Instituto das Águas	-25,31	-53,87	458
Medianeira - Colégio Medianeira	Instituto das Águas	-25,30	-54,10	402
Mercedes - Nova Mercedes	Instituto das Águas	-24,45	-54,16	407
Missal	Instituto das Águas	-25,08	-54,25	316
Ouro Verde do Oeste	Instituto das Águas	-24,78	-53,90	528
Palotina	Iapar	-25,16	-53,85	650
Pato Bragado - Porto Britânia	Instituto das Águas	-24,65	-54,30	253
Planalto	Iapar	-25,14	-53,33	633
Ramilândia - Fazenda Rami	Instituto das Águas	-25,12	-54,03	586
Santa Helena	Simepar	-24,42	-53,83	394
São Miguel do Iguaçu	Instituto das Águas	-25,35	-54,24	287
São Miguel do Iguaçu - Santa Eliza	Instituto das Águas	-25,50	-54,33	297
São Miguel do Iguaçu	Iapar	-24,96	-53,24	662
Serranópolis do Iguaçu - Jardinópolis	Instituto das Águas	-25,41	-54,04	279
Terra Roxa - Terra Roxa do Oeste	Instituto das Águas	-24,17	-54,10	378
Toledo - Bom Princípio	Instituto das Águas	-24,77	-53,64	618
Toledo - Dois Irmãos	Instituto das Águas	-24,62	-53,93	519
Toledo - Nova Concórdia	Instituto das Águas	-24,73	-53,85	513
Toledo	Simepar	-25,31	-53,87	458
Vera Cruz do Oeste	Instituto das Águas	-25,06	-53,88	642
Vera Cruz do Oeste - São Sebastião do Oeste	Instituto das Águas	-24,98	-53,98	545

Risco de ocorrência de geada

O risco de geada é, sem dúvida, o principal fator condicionante de quebra de safra do Sul do País. No caso do eucalipto, dependendo da força do evento de geada, do grau de sensibilidade do material genético e da condição do plantio, principalmente de sua idade, pode ocorrer mortalidade de plantas no campo.

O risco de geada foi calculado por meio da “distribuição de valores extremos”, conhecida também como “distribuição Gumbel”. Para o cálculo dessa distribuição utilizou-se a série de dados com temperaturas mínimas absolutas mensais de uma rede de 39 estações meteorológicas já mencionadas.

Segundo Thom (1966), a função de densidade de probabilidade de “distribuição de valores extremos” é dada por:

$$f(x) = \left(\frac{1}{\beta}\right) \exp \left[-\left(\frac{x - \infty}{\beta}\right) - \exp\left(-\left(\frac{x - \infty}{\beta}\right)\right)\right] - \infty < x < \infty \quad (\text{Equação 1})$$

em que α e β são os parâmetros da distribuição.

A probabilidade (P) de que a temperatura mínima (T) seja inferior a um valor x é:

$$P(T \leq x) = \beta \int_{-\infty}^x \exp\left[-\left(\frac{x - \alpha}{\beta}\right) - \exp\left[\exp\left(-\frac{x - \alpha}{\beta}\right)\right]\right] dy \quad (\text{Equação 2})$$

Assim, desenvolvendo a Equação 2, tem-se a seguinte equação simplificada:

$$P(T \leq x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x - \alpha}{\beta}\right)\right] \quad (\text{Equação 3})$$

O cálculo dos parâmetros de distribuição α e β , como estimados pelo método de “Lieblein” (Thom, 1966), foi baseado nas variâncias mínimas, na qual dividiu-se a série de dados climáticos em subgrupos. Cada subgrupo foi ordenado na ordem crescente e, posteriormente, reagrupado, unindo os menores valores em um novo subgrupo e, assim por diante, até unir os maiores valores em um último subgrupo. A somatória de cada subgrupo foi multiplicada pelos valores a_j e b_j (valores tabelados) para o cálculo de α e β (Astolpho, 2003). Os cálculos probabilísticos foram feitos para a temperatura mínima de 3 °C.

Para analisar o ajuste entre as frequências das temperaturas mínimas absolutas e as estimadas pelo método da “distribuição de valores extremos”, utilizou-se o método de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade, conforme Camargo et al. (1993).

Além do critério da “distribuição de valores extremos”, a ocorrência de geadas é influenciada por aspectos das paisagens locais para uma escala micro (local), envolvendo posições de baixada e voltadas para a face sul, além daquelas paisagens expostas aos corredores de ventos frios, aspectos não considerados em função da escala regional do trabalho.

Risco de ocorrência de déficit hídrico

A região do estudo apresenta um regime pluvial regular ao longo do ano, com alto volume de chuvas (1.600 mm a 2.000 mm), sendo que, no estado do Paraná, só perde em volume para o Litoral (Wrege et al., 2011). Como consequência disso, o grau de risco representado pelo déficit hídrico na região muito dificilmente será a causa de sinistros agrícolas, principalmente de espécies perenes que possuem sistema radicular profundo, como é o caso do eucalipto. A possibilidade ainda existe se forem considerados sítios de solos muito rasos, principalmente aqueles com contato lítico do tipo não fragmentário (Bognola et al., 2020). A redução do crescimento das árvores de eucalipto nos anos mais secos é o dano mais comum de ocorrer.

O risco de déficit hídrico é estimado mediante balanço hídrico (Equação 4) que, por sua vez, é calculado pelo armazenamento resultante do balanço de entradas e saídas de água no solo. O cálculo do balanço hídrico foi realizado a cada decêndio do ano. Quando o armazenamento resultante é baixo, inferior a um limite crítico (valor dependente do tipo de solo), é assumido como risco, seguindo-se os cálculos conforme as expressões apresentadas a seguir:

$$\text{Balanço hídrico} = P - \text{ETP} + \text{ARM} \quad (\text{Equação 4})$$

em que:

P = precipitação pluviométrica total (mm).

ETP = evapotranspiração potencial (mm).

ARM = armazenamento de água pelos solos (mm), de acordo com o balanço entre P e ETP e a capacidade de água disponível (CAD) de cada tipo de solo.

Do total de 39 estações meteorológicas, oito tinham dados completos (além de pluviosidade, temperatura do ar, umidade relativa do ar etc.) para o cálculo da ETP local, sendo que todas possuíam dados de pluviosidade. A ETP foi calculada para as oito estações conforme as Equações 5 a 8:

$$\text{ETP} = f \times 16 \times \left(10 \times \frac{\text{tmed}}{I}\right)^a \quad (\text{Equação 5})$$

$$f = [0,006 \times (-1) \times \text{latitude} + 1,01] \quad (\text{Equação 6})$$

$$I = \sum_{n=1}^{12} (\text{tmed}/5)^{1,514} \quad (\text{Equação 7})$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 0,01791 \times I + 0,492 \quad (\text{Equação 8})$$

em que:

f = representa a função de ajuste do modelo para cada local, considerando-se que a equação é dada para calcular a ETP em um período de 12 horas de brilho solar, o que não ocorre em todas as regiões.

I = é o índice anual de calor.

a = é a função cúbica do índice anual de calor.

tmed = é a temperatura média do ar nos meses de janeiro a dezembro, em °C.

$\sum_{n=1}^{12}$ = é o somatório das temperaturas médias do ar de janeiro a dezembro, em °C.

latitude: em graus decimais negativos (calibra os valores de ETP para cada local).

Os dados das 8 estações meteorológicas com dados completos e para as quais foram calculados os valores de ETP serviram para gerar equações de regressão linear para cada decêndio de cada estação meteorológica, conforme a Equação 9:

$$\text{ETP} = \text{constante} + \alpha \times \text{longitude} + \beta \times \text{latitude} + \chi \times \text{altitude} \quad (\text{Equação 9})$$

Resumindo, oito estações meteorológicas tiveram a ETP calculada para cada decêndio do ano (1-10/janeiro, 11-20/janeiro, ..., 21-31/dezembro), utilizando as Equações 5 a 8, e 31 estações apenas com dados pluviométricas tiveram a ETP estimada para cada decêndio do ano pela Equação 9, utilizando as coordenadas e a altitude de cada estação.

O déficit hídrico de cada local é formado pelo somatório dos valores negativos do balanço hídrico realizado. Além disso, em cada decêndio, foram verificados quantos dias apresentaram valores negativos dessa equação e, portanto, representam uma condição de risco, conforme a Equação 10:

$$\text{Risco de déficit hídrico (\%)} = (\text{dias com déficit hídrico} \div 10) \times 100 \quad (\text{Equação 10})$$

Assim, para cada decêndio, foi calculado o risco de ocorrência de déficit hídrico (%) para valores de 15 mm, 70 mm, 100 mm, 150 mm e 180 mm de CAD e, finalmente, foram calculadas as médias de risco para todos os decêndios do ano (1-10/01, 11-20/01; 21-31/01; 01-10/02 e assim por diante). Esses valores de CAD foram escolhidos de acordo com os tipos de solos predominantes na região.

Em sequência foram feitos os mapeamentos do risco de déficit hídrico para todos os decêndios do ano em função dos valores de CAD já citados, por meio da técnica de *krigagem* ordinária. Foram também, calculadas as médias para as estações do ano e feitos os mapas correspondentes, visando simplificar sua apresentação e a discussão dos resultados. Neste caso, os mapas foram feitos para dois valores de CAD, de 15 mm e de 70 mm, escolhidos por representarem a realidade de boa parte dos solos da área de estudo. O primeiro é o mais restritivo e de maior risco, por representar os solos com menor CAD e o segundo representa uma condição mais comum da Bacia, de acordo com os tipos de solos predominantes.

Procedimentos para o mapeamento das variáveis climáticas

Os dados climáticos de temperatura e de precipitação pluvial foram organizados e analisados quanto aos erros, completude e consistência. Foram corrigidos e preparados em planilha eletrônica, para cálculo dos riscos e formação de camadas em sistema de informações geográficas (SIG).

A altitude, a latitude e a continentalidade são fatores condicionantes do clima de um local e podem ser utilizados para gerar modelos espaciais de variáveis climáticas. No presente trabalho eles permitiram a elaboração das camadas, em SIG, de temperatura e risco de geada por meio de regressões lineares múltiplas, estabelecendo uma relação direta entre essas duas variáveis em função da altitude, latitude e longitude (representando a continentalidade) (Tabelas 2 e 3). Para o mapeamento da altitude (m) em formato *raster* foi utilizado um modelo numérico de superfície realizado a partir de cartas topográficas com curvas de nível de 10 m em 10 m da região. O plano de coordenadas geográficas (altitude e latitude) também foi convertido para o formato *raster*, com os valores em graus decimais. Assim, as regressões lineares múltiplas definiram as variáveis dependentes temperatura e risco de geada em função das variáveis independentes altitude, latitude e longitude, conforme o modelo da Equação 11:

$$Y = a + b \times \text{altitude} + c \times \text{latitude} + d \times \text{longitude} \quad (\text{Equação 11})$$

em que:

Y = temperatura do ar (°C) ou risco de geada (%).

a = constante.

b = coeficiente da altitude (m).

c = coeficiente da latitude (graus decimais).

d = coeficiente da longitude (graus decimais).

Na função calculadora “raster calculator” do programa ArcGIS foram inseridas as equações de regressão linear conforme o modelo da Equação 11, sendo obtidos os planos de informação de temperatura e risco de geada como função da altitude, latitude e longitude. Os coeficientes das equações de regressão referentes às temperaturas (média, máxima e mínima) e à geada são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 2 e 3 (Wrege et al., 2016).

Tabela 2. Coeficientes das equações de regressão das temperaturas média, média das máximas e média das mínimas do ar (°C) em um ano, no estado do Paraná, para o período base de 1981-2010.

Coeficiente	Temperatura (°C)		
	Média	Média das máximas	Média das mínimas
Constante	18,7254	26,5170	20,8696
Latitude (graus decimais)	0,6836	0,8212	0,57180
Longitude (graus decimais)	-0,4024	-0,4384	-0,2275
Altitude (m)	-0,0045	-0,0043	-0,0053
r ²	0,82	0,89	0,82

Fonte: Wrege et al. (2016).

Tabela 3. Coeficientes das equações de regressão do risco de geada (%) em maio, junho, julho e agosto no estado do Paraná, para o período base de 1976-2015.

Coeficiente	Risco de geada			
	Maió	Junho	Julho	Agosto
Constante	-2,558628	-3,224801	-1,954851	-1,982653
latitude	-0,098275	-0,113316	-0,099093	-0,107578
longitude	-0,001297	-0,009141	0,008907	0,015524
altitude	0,000554	0,000546	0,000554	0,000510
r ²	0,81	0,80	0,72	0,64

Fonte: Wrege et al. (2018a).

No caso do risco de déficit hídrico, foram gerados dois índices estacionais, um correspondente ao período de maior risco, mas também de repouso da planta, no inverno, e outro correspondente ao período de maior crescimento, compreendendo primavera, verão e outono. Os dois índices foram calculados pelo somatório dos riscos de déficit hídrico dos decêndios de cada um destes períodos.

Na última etapa, foram gerados os zoneamentos agrícolas de três espécies de eucalipto (*E. grandis*, o híbrido “urograndis” e *E. benthamii*), que são compostos pela combinação dos riscos de valores

extremos de temperatura (geada e calor excessivo) e de déficit hídrico. O fator risco de geada sobrepõe os outros dois fatores, pelo potencial que apresenta de causar a morte de plantas no campo pela sua simples ocorrência, por vezes atingindo árvores já estabelecidas (plantios com mais de 2 anos). O déficit hídrico, assim como as temperaturas altas, restringe o crescimento das plantas, mas dificilmente constitui um fator causador de sua morte. A geada pode causar a morte das mudas no campo e, por este motivo, foi usada como uma camada-base, gerada em SIG, para a classificação das zonas de risco. Foram definidas três classes de zonas para *E. grandis*, o híbrido “urograndis” e *E. benthamii*, conforme os seguintes critérios: risco de geada < 20% (risco baixo); risco de geada entre 21% e 40% (risco intermediário) e risco de geada > 40% (risco alto). Os riscos de geada, déficit hídrico e temperaturas altas foram utilizados para definir as melhores épocas do plantio de mudas no campo (janela de tempo favorável), conforme a espécie de eucalipto selecionada.

Resultados

Risco de geada

O risco de geada na BP3 varia entre 5% e 50% no perímetro do estudo (Figura 2), sendo menor que 20% na sua maior parte e, portanto, permitindo o cultivo de espécies de eucalipto pouco tolerantes à geada. As áreas com risco de geada menor que 20% se concentram no noroeste da região, principalmente na divisa com a Bacia do Piquiri. Nessas áreas com menor risco de geada, pode-se utilizar sem restrições materiais comerciais de *E. grandis* e do híbrido “urograndis”. Áreas com risco de geada maior que 20% se concentram no leste da região, em paisagens com altitudes maiores que 500-600 metros, principalmente no município de Cascavel. Nessas áreas, em função do maior risco de geada, deve-se dar preferência para o plantio de *E. benthamii*.

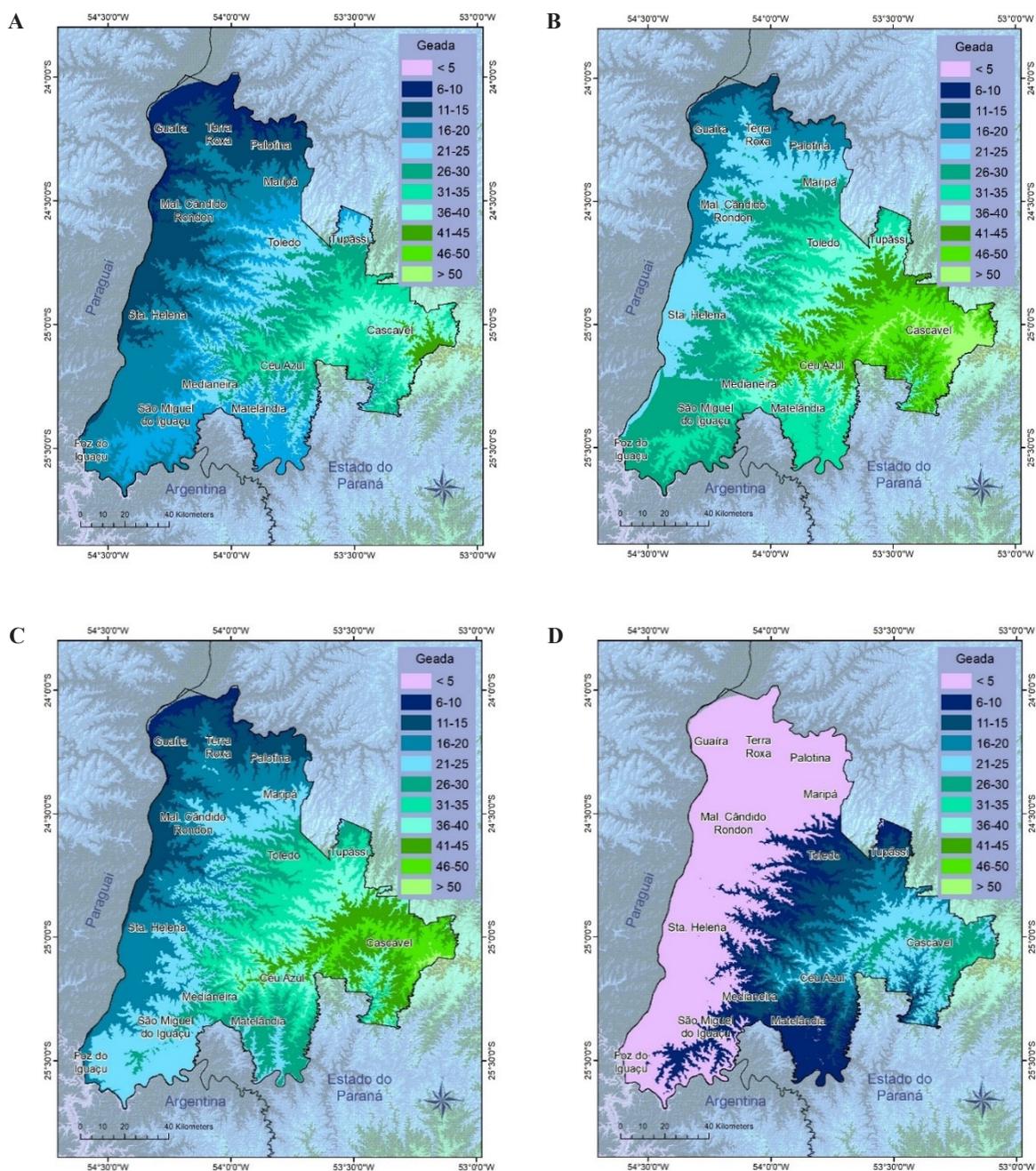


Figura 2. Risco de ocorrência de geada nos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D), nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Fonte: Wrege et al. (2016).

Déficit hídrico

O déficit hídrico foi simulado para dois valores de CAD, um extremamente baixo, de 15 mm, uma realidade de solos rasos, e uma CAD de 70 mm para solos mais profundos.

Solos rasos somam 1.578,1 km² ou aproximadamente 10% das terras da região (Bognola et al., 2020). Esses solos, nas condições de clima da área de estudo e representados pela CAD de 15 mm, apresentam risco de déficit hídrico variando entre 12% e 50% (Figura 3), sendo menor que 20% em praticamente metade da região, o que em boa parte coincide com áreas onde o risco de geada é maior (no leste da região) e onde é possível plantar materiais de eucalipto tolerantes à geada. Na outra metade da região, onde o risco de déficit hídrico é maior que 20% para uma CAD de 15 mm, o risco de geada é menor e é possível plantar materiais de eucalipto mais produtivos, principalmente no norte da área, na divisa com a Bacia do Piquiri.

Para a CAD de 70 mm, que representa a realidade da maior parte dos solos da região, o risco máximo de déficit hídrico é de 21% (Figuras 4 e 5). Esse baixo nível de déficit hídrico garante, para anos normais, uma ótima oferta hídrica para o cultivo do eucalipto.

O risco de déficit hídrico na região pode, para algumas situações (principalmente para solos de CAD mais baixas), prejudicar a produtividade do eucalipto, mas não chega a constituir causa de sinistro agrícola.

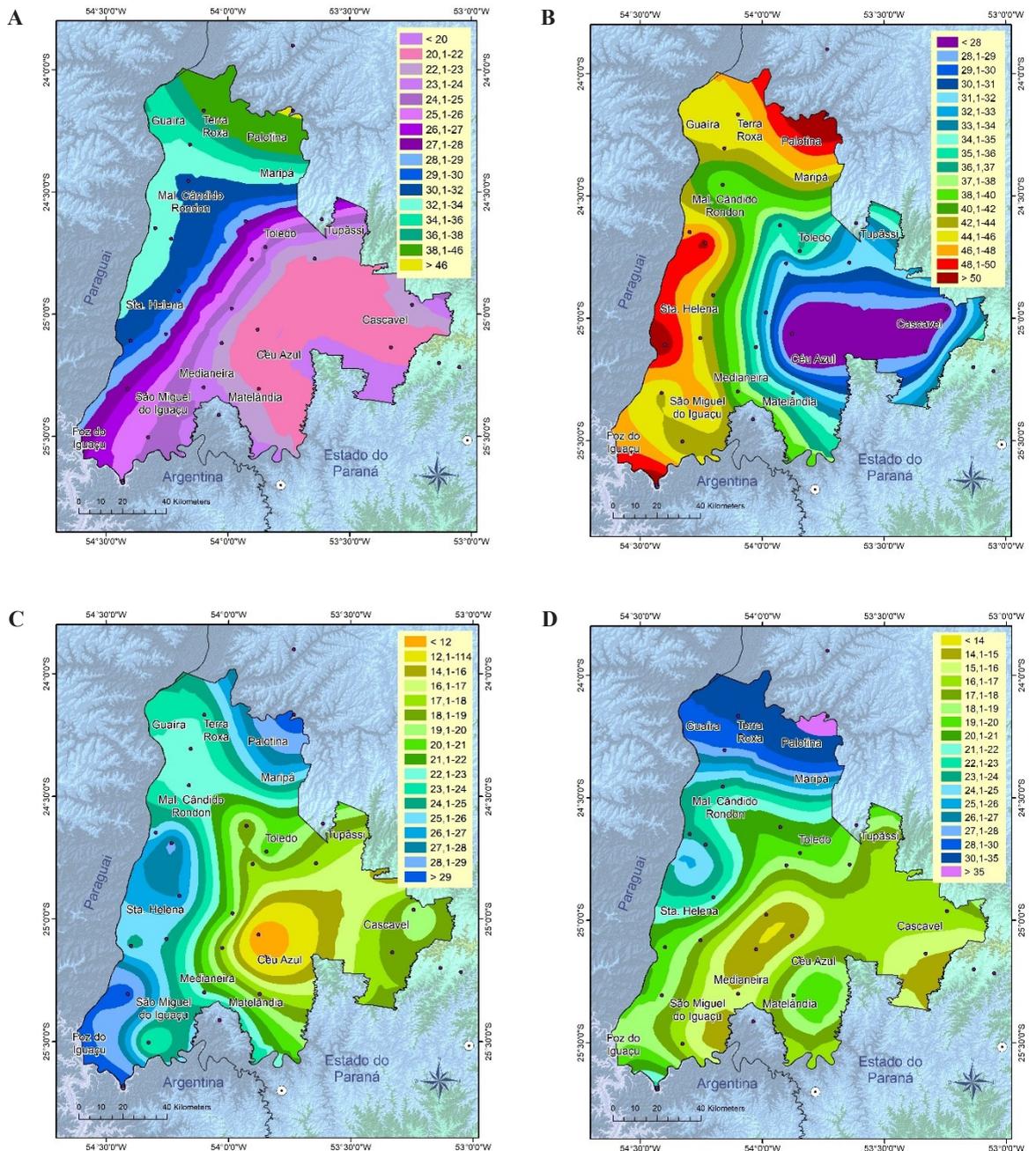


Figura 3. Risco de ocorrência de déficit hídrico para eucalipto nos municípios da da Bacia do Paraná 3 e Palotina, utilizando uma capacidade de armazenamento de água no solo de 15 mm – primavera (A), verão (B), outono (C) e inverno (D).

Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina:
estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto

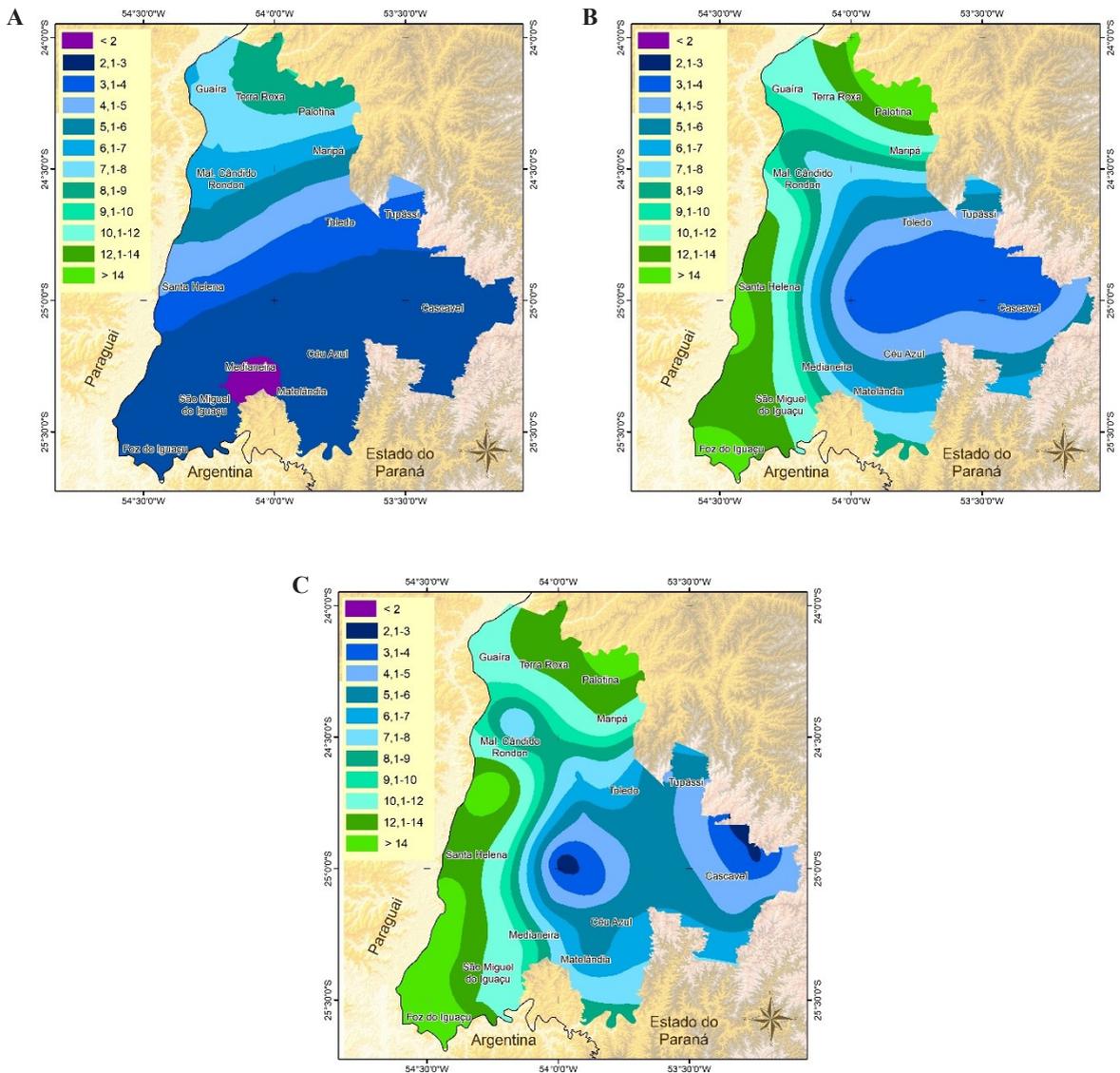


Figura 4. Risco de ocorrência de déficit hídrico para eucalipto nos municípios da da Bacia do Paraná 3 e Palotina, utilizando uma capacidade de armazenamento de água no solo de 70 mm – primavera (A), verão (B) e outono (C). O risco é inexistente no inverno.

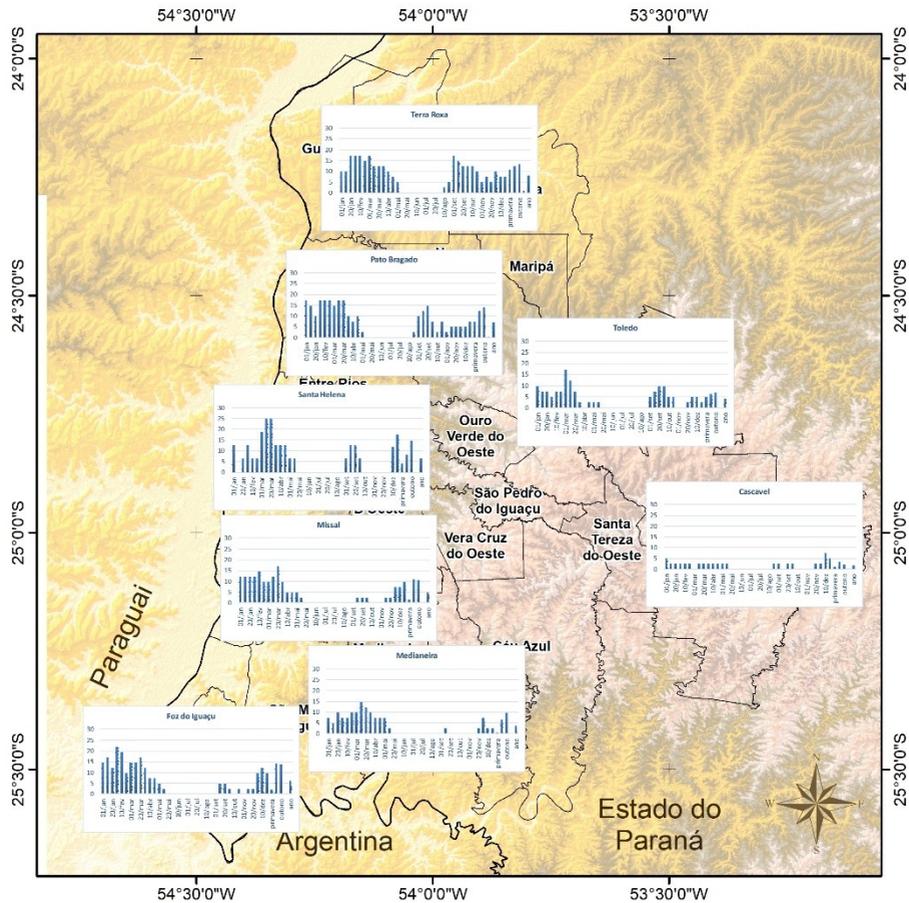


Figura 5. Mapa pictográfico da tendência de risco de déficit hídrico para eucalipto ao longo do ano, nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina, utilizando uma capacidade de armazenamento de água no solo de 70 mm.

Temperatura

As temperaturas da área de estudo (Figura 6), de modo geral, são altas, com as máximas e as máximas absolutas do mês mais quente do ano (janeiro) oscilando, respectivamente, entre 28,5 °C - 33,5 °C e 33,5 °C - 37 °C. Muitos produtores realizam o plantio do eucalipto fora desse período de altas temperaturas, quando mesmo pequenos veranicos podem trazer a morte de mudas no campo e gerar operações de replantio. Além disso, a antecipação do plantio para o período entre maio e agosto reduz os danos por “cozimento” das mudas no campo, típico efeito de dias muito quentes. Os períodos de temperaturas mais amenas acabam gerando maior disponibilidade de água no solo (Figuras 3, 4 e 5). Essa prática, do plantio avançar no inverno, é mais segura no norte e no oeste da área de estudo, onde o risco de geada é baixo (menor que 20% em julho e menor que 5% em agosto). As temperaturas mínima e mínima absoluta são altas, respectivamente entre 10 °C - 13,5 °C e 0,5 °C - 5,5 °C, todas superiores a 0 °C.

Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina:
estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto

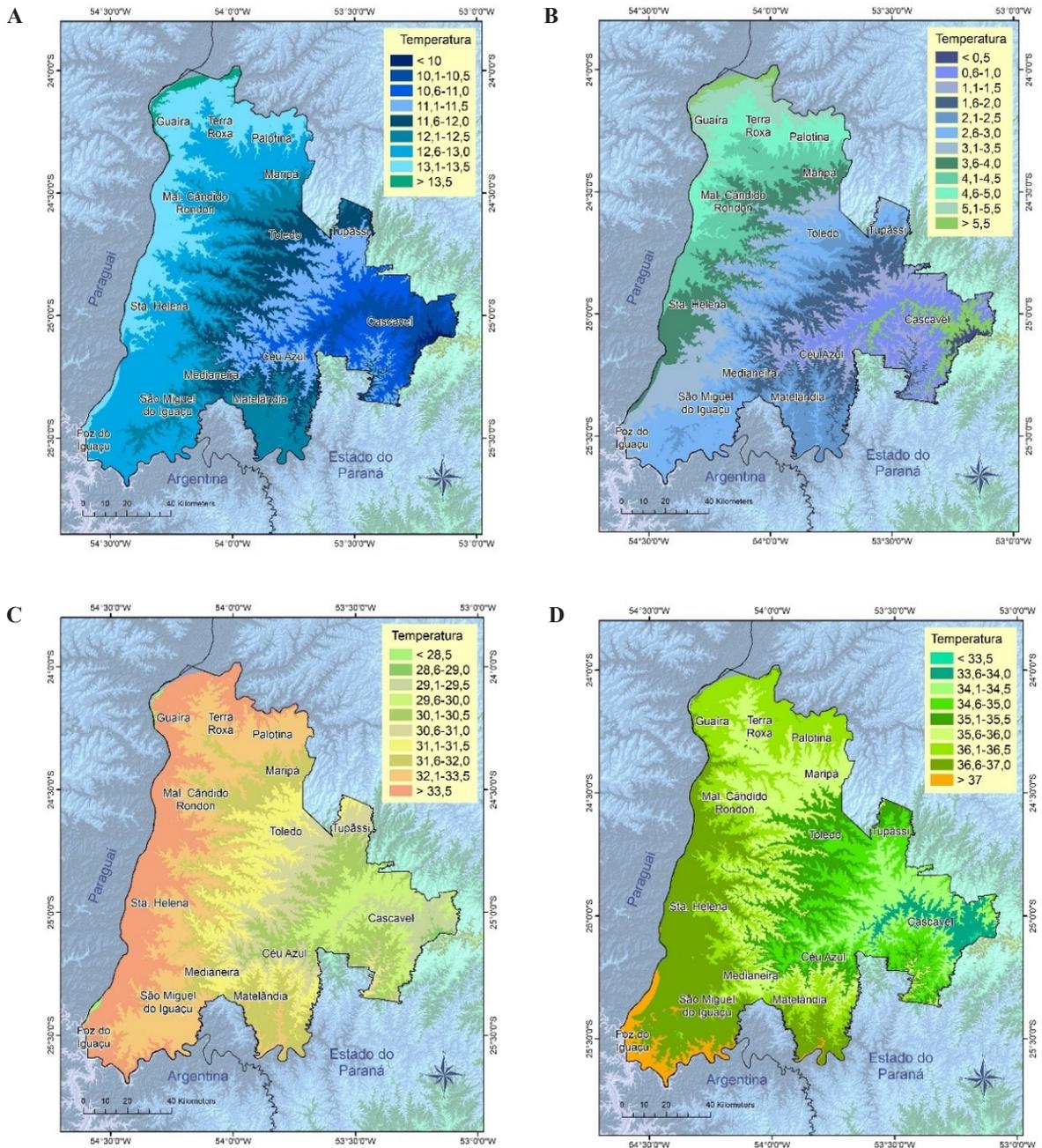


Figura 6. Classes de temperatura mínima (A) e mínima absoluta (B) para julho (mês mais frio do ano); e máxima (C) e máxima absoluta (D) para janeiro (mês mais quente do ano), nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina. Fonte: Wrege et al. (2018a).

Nas zonas mais frias, principalmente nas terras situadas na parte leste da região, com altitudes maiores que 500 m, o maior risco de geada ($> 20\%$ em julho, em torno de 20% em agosto e $< 20\%$ a partir de setembro) exige que o plantio do eucalipto ocorra a partir de setembro. Além disso, essas terras apresentam um verão mais ameno (temperatura máxima menor que $30\text{ }^{\circ}\text{C}$) e valores de déficit hídrico baixos durante todo o ano, inclusive no verão (menor que 20% na maior parte da área, não passando de 30%). Se o maior risco de geada já era uma razão forte para se evitar o plantio em períodos de temperaturas mais amenas, as justificativas que existiam para o plantio “antecipado” (veranicos e “cozimento” de mudas no campo) também desaparecem.

Zoneamento agrícola

A elevada produção de grãos do oeste do Paraná exige um forte investimento no plantio do eucalipto para fins energéticos, visando atender a demanda agroindustrial da região. Como a região não tem tradição na produção de eucalipto, o zoneamento agrícola de riscos climáticos é uma ferramenta fundamental para auxiliar o planejamento das atividades de plantio, indicando quais são as áreas de menor risco climático para o plantio comercial das espécies de eucalipto indicadas para a região. As Figuras 7, 8 e 9 apresentam os zoneamentos agrícolas de *E. grandis*, o híbrido “urograndis” e *E. benthamii*, respectivamente, nos municípios da BP3 e Palotina. Os riscos referem-se à geada, ao déficit hídrico e às temperaturas elevadas na primavera-verão. Os resultados indicam que agosto é o melhor mês para o plantio de mudas no campo, no caso de *E. grandis* e o híbrido “urograndis”. Para *E. benthamii* o plantio pode ser realizado a partir de setembro, quando diminuem os riscos de geada e, ainda, existem condições hídricas e temperaturas amenas favoráveis ao desenvolvimento das mudas no campo.

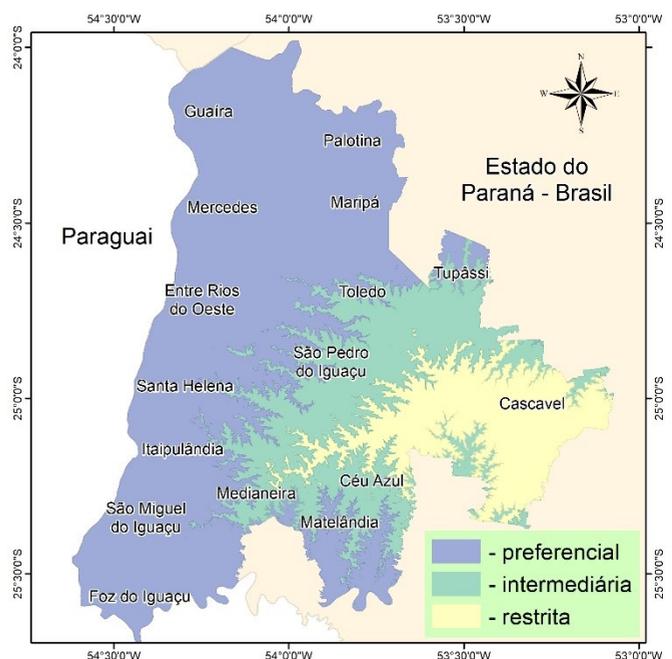


Figura 7. Zoneamento agrícola para o plantio comercial de *Eucalyptus grandis* nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina:
estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto

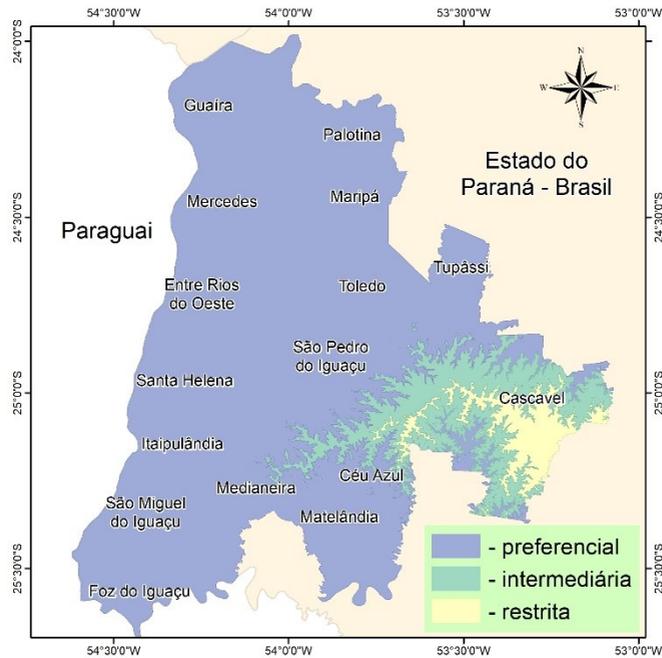


Figura 8. Zoneamento agrícola para o plantio comercial do híbrido "urograndis" nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

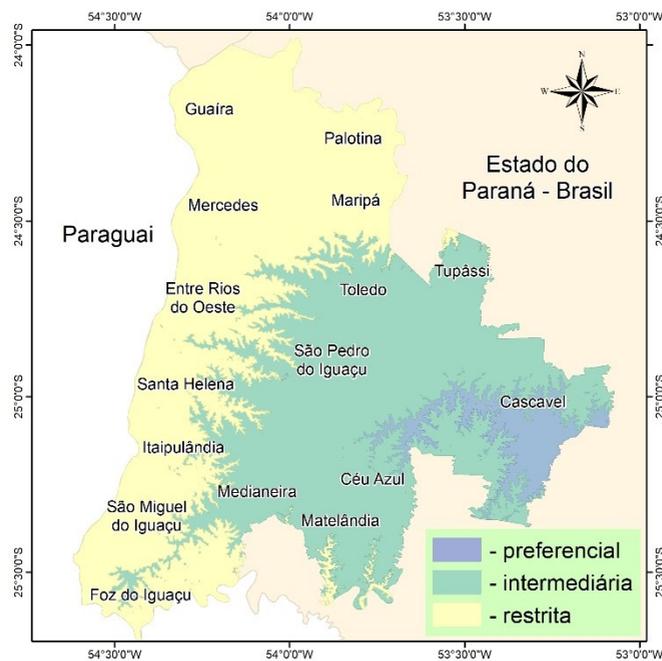


Figura 9. Zoneamento agrícola para plantio comercial de *Eucalyptus benthamii* nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Para a região, sem tradição no plantio do eucalipto, é importante o teste de novos materiais comerciais, considerando a demanda do mercado local, que é a produção do eucalipto para fins energéticos. Além desse mercado já estabelecido, pode-se vislumbrar que o custo do frete para trazer a madeira de outras regiões torne competitivo o plantio do eucalipto para outros usos, tais como para a construção de cercas e galpões de propriedades rurais.

A Tabela 4 mostra grandes extensões de áreas favoráveis (com baixo risco climático) ao plantio de eucalipto nos municípios da BP3 e Palotina. O híbrido “urograndis” e *E. grandis* têm as maiores áreas com baixo risco, com 1.251.591 ha e 902.950 ha, respectivamente. *E. benthamii* tem uma área bem menor na classe favorável, de pouco mais de 82.298 hectares. Embora apresente produtividade relativamente menor, *E. benthamii* consegue ser cultivada nas áreas que são inaptas, por conta do risco de geada para *E. grandis* e o híbrido “urograndis”.

Tabela 4. Quantitativos de área (ha) das classes de risco para o cultivo comercial do eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina. Classe Favorável (risco climático < 20%; Intermediária (risco climático de 21% a 40%); e Desfavorável (risco climático > 40%).

Classe de risco climático	Espécie		
	<i>E. grandis</i>	Híbrido “urograndis”	<i>E. benthamii</i>
 ha		
Favorável	902.950,27	1.251.591,84	82.298,70
Intermediário	567.803,11	158.868,71	686.157,27
Desfavorável	219.181,47	60.305,91	702.342,55
Totais	1.689.934,85	1.470.766,46	1.470.798,52

Considerações finais

As áreas do norte e noroeste dos municípios da BP3 e Palotina permitem a antecipação do plantio do eucalipto para os meses de abril a agosto (principalmente agosto), considerando o pequeno risco de geada. A vantagem deste procedimento é o de proporcionar maior tempo para o estabelecimento das plantas de eucalipto no campo, antes do início da fase de crescimento mais acelerado, a partir da primavera. Assim, caso ocorram veranicos a partir de setembro (quando as taxas de evapotranspiração já estão mais altas), as plantas já apresentam sistemas radiculares mais robustos para suportar períodos de déficits hídricos e de temperaturas elevadas.

Áreas dos municípios da BP3 e Palotina com maior risco de geada, principalmente aquelas com altitudes maiores do que 500 m, não permitem a antecipação do plantio, que idealmente deve ser feito a partir de setembro. Nestas regiões (Cascavel e municípios vizinhos) a ocorrência de veranicos é mais rara, compensando em parte a janela de plantio mais estreita.

Ao mosaico de condições climáticas dos municípios da BP3 e Palotina definidos aqui, incluindo o zoneamento de três espécies de eucalipto, ainda devem ser consideradas as diferenças de solos e das paisagens locais. Para toda essa variação de condições existem vários materiais comerciais de eucalipto,

alguns já testados e muitos ainda por serem testados. Estes testes de novos materiais são essenciais para o aperfeiçoamento da eucaliptocultura na região.

Referências

- ASSAD, E. D.; MACEDO, M. A.; CÂMARA, G.; OLIVEIRA, J. C. de; BARBOSA, A. M. Avaliação de métodos para espacialização de índices de necessidade hídrica das culturas e sua aplicação em zoneamento agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, p. 581-587, 2001.
- ASTOLPHO, F. **Estimativa e mapeamento da probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas do ar adversas à agricultura paulista**. 2003. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas.
- BOGNOLA, I. A.; GOMES, J. B. V.; HOLLER, W. A.; CURCIO, G. R.; RAUEN, M. J.; CARVALHO, A. P.; PÖTTER, R. O.; CARDOSO, A. **Atualização do levantamento de reconhecimento de solos dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina**. Brasília, DF: Embrapa, 2020.
- CAMARGO, M. B. P.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ALFONSI, R. R.; ORTOLANI, A. A.; BRUNINI, O. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anual no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 52, n. 2, p. 161-168, 1993.
- ELDRIDGE, K. G.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C. E.; WYK, G. van. **Eucalypt Domestication and Breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1994. 288 p.
- FRITZSONS, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.39471>.
- GOMES, J. B. V.; WREGE, M. S.; HOLLER, W. A.; BOGNOLA, I. A. Características gerais dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina. In: GOMES, J. B. V.; WREGE, M. S. (ed.). **Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina: estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 11-16.
- GONÇALVES, S. L.; FARIA, J. R. B.; SIBALDELLI, R. N. R. **Eventos climáticos adversos e seus impactos para as culturas de soja, milho e trigo no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 48 p.
- GÖPFERT, H.; ROSSETTI, L. A.; SOUZA, J. **Eventos generalizados e seguridade agrícola**. Brasília, DF: IPEA, 1993. 65 p.
- GRODZKI, L.; CARAMORI, P. H.; BOOTSMA, A.; OLIVEIRA, D.; GOMES, J. Risco de ocorrência de geada no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 1, p. 93-99, 1996.
- HIGA, R. C. V.; WREGE, M. S. **Zoneamento climático de *Eucalyptus grandis* para a região Sul do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. (Embrapa Florestas. Documentos, 209). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/39479/1/Doc209.pdf>.
- IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. Florestas plantadas. In: IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBÁ 2019**. Brasília, DF, 2020. p. 33-42. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2020.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: IBPT, 1968. 350 p.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. p. 129-132.
- THOM, H. C. S. **Some methods of climatological analysis**. Geneva: World Meteorological Organization, 1966. 53 p. (Technical note, 81).

- WREGGE, M. S.; CARAMORI, P. H.; FRITZSONS, E.; PARTALA, A.; CHRISTENSEN, G. L. Agroclimatic zoning for eucalyptus in the state of Paraná and the new scenarios defined by global climate change. **Geama**, v. 3, p. 216-228, 2017.
- WREGGE, M. S.; CARAMORI, P. H.; GARRASTAZU, M. C.; FRITZSONS, E.; PARTALA, A.; CHRISTENSEN, G. L. Plantios florestais com Pinus no estado do Paraná e os novos cenários definidos pelas mudanças climáticas globais. **Revista do Instituto Florestal**, v. 28, p. 159-175, 2016.
- WREGGE, M. S.; CARAMORI, P. H.; NITSCHKE, P.; FRITZSONS, E.; BOGNOLA, I. A.; SOARES, M. T. S.; GOMES, J. B. V.; HOLLER, W. A. **Cartas climáticas dos municípios da Bacia do Paraná 3**. Colombo: Embrapa Florestas, 2018a. (Embrapa Florestas. Documentos, 314). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176417/1/Livro-Doc-314-1536-final-corrigido-7mai18.pdf>.
- WREGGE, M. S.; FRITZSONS, E.; SOARES, M. T. S.; PANTANO, A. P.; STEINMETZ, S.; CARAMORI, P. H.; RADIN, B.; PANDOLFO, C. Risco de ocorrência de geadas na região Centro-Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 524 - 553, 2018b.
- WREGGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C.; ALMEIDA, I. R. de. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil**: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011, v. 1, 332 p.

3

Atualização do levantamento de reconhecimento de solos dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina¹

*Itamar Antonio Bognola
João Bosco Vasconcellos Gomes
Wilson Anderson Holler
Gustavo Ribas Cúrcio
Moacyr de Jesus Rauen
Américo Pereira de Carvalho
Reinaldo Oscar Pötter
Alcides Cardoso*

¹ Arquivo do mapa de solos disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218093/1/Bioeste-A1-BP3-Palotina-Solos.pdf>>

Introdução

Os municípios formadores da Bacia do Paraná 3 (BP3) e o município de Palotina, todos localizados no Terceiro Planalto Paranaense, foram o objeto do presente estudo. Em boa parte dessas paisagens predominam solos com boas características para a agricultura industrial conexas à produção intensiva de grãos e de proteína animal. O setor primário e a agroindústria dos municípios geram riquezas que sustentam o desenvolvimento regional em níveis muito superiores à média nacional, justificando a iniciativa da atualização do levantamento de solos aqui apresentado, considerando que a espacialização dos solos é ferramenta essencial à definição de políticas de planejamento de uso da terra.

Assim, o presente trabalho objetivou atualizar, no perímetro de abrangência dos municípios da BP3 e Palotina, o mapa de solos gerado por Bhering e Santos (2008), considerando: resoluções da 5ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018), ampla checagem de nomeação das unidades de mapeamento (realizada polígono a polígono), reagrupamento das unidades de mapeamento de solos e qualificação das unidades de mapeamento em atributos de retenção de água (incluindo viagens de campo, coleta de amostras e análises de retenção de água). São partes interativas desse estudo o presente relatório, o mapa de solos na escala 1:250.000 e os arquivos shapes que formam a base de dados cartográfica em ambiente de Sistema Geográfico de Informações. Características gerais da região são apresentadas por Gomes et al. (2020).

Metodologia

A base cartográfica em meio digital da área de estudo foi elaborada na Projeção Cônica de Albers, no sistema de referência geocêntrico da Américas (SIRGAS 2000), oficialmente utilizado no Brasil, conforme a Resolução PR nº 01/2015 (IBGE, 2015).

A atualização do levantamento de solos da área de estudo foi realizada a partir dos arquivos vetoriais do mapa de solos do estado do Paraná (Bhering; Santos, 2008), sendo que este utilizou dados originais de Embrapa (1974a, 1974b, 1984). Trabalhou-se em várias frentes, envolvendo redefinições da base cartográfica (atualizações de área urbana, massas d'água etc.), da legenda do mapeamento de solos e da base de dados de solos, fornecendo também informações sobre altitude e declividade da região do estudo.

Além das massas de água, a definição das unidades de mapeamento de solos não abrangeu áreas oficiais de proteção ambiental, terras indígenas e áreas urbanas.

A definição dos polígonos das unidades de mapeamento de solos considerou uma escala de trabalho de 1:250.000 e uma área mapeável de 1 cm² no mapa, ou seja, 625 ha. Foi realizada uma checagem da qualificação de todos os polígonos das unidades de mapeamento de solos, comparando as unidades de mapeamento de solos observadas em Embrapa (1974a, 1974b, 1984) com Bhering e Santos (2008). Quando as qualificações eram incoerentes, optou-se pela qualificação original de Embrapa (1974a, 1974b, 1984). Para alguns polígonos maiores foi realizada uma checagem de campo, quando sempre se observou que a qualificação correta estava com Embrapa (1974a, 1974b, 1984), o que era esperado, considerando ser o trabalho original e o que envolveu a produção de dados a partir do campo. A checagem

foi realizada de forma sistemática no ArcGis, em todos os polígonos do mapa, utilizando-se o recurso de alternância entre dois “layers”, no caso, o shape do mapa de solos de Bhering e Santos (2008) e o mapa de solos da Embrapa (1984) em pdf georreferenciado, além de checagens visuais nos mapas em papel de Embrapa (1974a, 1974b).

Após o trabalho de checagem realizado, uma nova legenda do mapa de solos foi definida, incorporando alterações do sistema de classificação de solos de Santos et al. (2018). Além disso, pequenas alterações envolveram checagens de campo, como na ordem dos componentes das unidades de mapeamento de solos que são associações. Alguma alteração de classificação foi realizada dentro dos solos classificados como Neossolos Litólicos, parte deles migrando para a classe Neossolo Regolítico. Também ocorreu a junção de algumas unidades de mapeamento que estavam separadas apenas pela fase de vegetação, quando alternavam entre floresta tropical e subtropical ou entre floresta perenifólia e subperenifólia.

As principais classes de solos e de fases de textura foram prospectadas no campo, com perfis de solo sendo descritos e amostrados em barrancos, conforme Santos et al. (2013). Os perfis foram caracterizados física e quimicamente, incluindo análises da retenção de água dos horizontes pedogenéticos desses perfis. Essa caracterização permitiu qualificar as unidades de mapeamento de solos com atributos de retenção de água. Nem todos os pontos de observação prospectados foram amostrados. Para descrever as classes de solo da região e para formar o “layer” de pontos de observação de solos da região estudada também foram utilizados e georreferenciados os solos prospectados em Embrapa (1984).

As amostras de solos coletadas foram analisadas nos laboratórios da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e da Embrapa Florestas. As amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha 2 mm, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Na TFSA foram feitas as determinações granulométricas (parte das amostras) e químicas (pH; cátions do complexo sortivo – Ca, Mg, K, Na, Al e H; C orgânico e P assimilável), conforme Donagema et al. (2011). Por cálculo foram determinados a soma de bases trocáveis, a capacidade de troca catiônica, a saturação por bases e a saturação por Al. Nas amostras indeformadas foram realizadas as análises de densidade do solo, porosidade e retenção de água, também conforme Donagema et al. (2011).

Classes de capacidade de água disponível do solo dos componentes das unidades de mapeamento

A retenção de água foi definida para diferentes tensões (solo saturado, 0,006 MP m⁻³, 0,01 MP m⁻³, 0,1 MP m⁻³ e 1,5 MP m⁻³) de horizontes pedogenéticos de 13 perfis de solo. Esses perfis são representativos das principais variações de solos da área de estudo.

Com os valores das tensões 0,01 MP m⁻³ e 1,5 MP m⁻³ (respectivamente, capacidade de campo e ponto de murchamento), a capacidade de água disponível foi calculada e ponderada para os intervalos de profundidade 0-0,2 m; 0-0,5 m; 0-1,0 m; e 0-2,0 m (Tabela 1). Para esse cálculo, horizontes que se apresentaram pedregosos e, ou rochosos, e onde não se conseguiu retirar amostras indeformadas, tiveram sua disponibilidade de água estimada pelos valores obtidos para horizontes contíguos, corrigidos em função do volume real de solo dos horizontes não amostrados. Os intervalos de profundidade utilizados atenderam as demandas nos cultivos de árvores.

De posse dos dados de solos representativos da região e utilizando-se classificações de capacidade de água disponível da literatura (Verdonck et al., 1983; Oliveira; Paula, 1988; Reynolds et al., 2007), foi construído uma classificação para ser utilizada na área de estudo (Tabela 2). A informação das classes de disponibilidade de água será útil nos trabalhos de interpretação do mapeamento de solos para diversos fins, permitindo a construção de modelos espaciais de balanço hídrico baseados não apenas em dados climáticos, mas também na real capacidade de água disponível do solo. Assim, mais que afirmar que uma determinada classe seja a “ideal” em termos de retenção de água no solo e da sua disponibilidade, as classes têm o objetivo de hierarquizar o atributo água no solo, o qual vai interagir com os dados de precipitação pluvial e temperatura do local de cada polígono do mapa de solos e gerar uma modelagem espacial e temporal do balanço hídrico.

Pela comparação dos dados das Tabelas 1 e 2, é possível reparar que mesmo solos considerados de boa retenção de água, como Latossolos e Nitossolos com caráter férrico, o horizonte superficial não necessariamente apresenta bons índices de economia de água, espelhando um uso agrícola intensivo de décadas, que gerou nas terras da região uma condição de horizonte superficial muito duro e compactado, com valores baixos de capacidade de água disponível no solo. A economia de água dos perfis de solo tende a se normalizar para os horizontes mais profundos, isolados do efeito do manejo do solo agrícola.

Tabela 1. Capacidade de água disponível para diferentes intervalos de profundidade de perfis de solo amostrados nos municípios da Bacia do Paraná 3 (BP3) e Palotina.

Ordem	Subordem	Grande grupo	Subgrupo	Grupamento textural	Teor de argila do horizonte diagnóstico dag kg ⁻¹	Disponibilidade de água no solo para diferentes intervalos de profundidade			
						0 - 0,2 m	0 - 0,5 m	0 - 1 m	0 - 2 m
					 mm			
Argissolo	Vermelho	Distrófico	Arênico	Média	14	7	20	45	102
Latossolo	Vermelho	Distrófico	Argissólico	Média	28	10	27	55	113
Latossolo	Vermelho	Distrófico	Típico	Argilosa	49	8	28	69	150
Latossolo	Vermelho	Distroférico	Típico	Muito argilosa	83	9	43	100	214
Nitossolo	Vermelho	Distroférico	Típico	Muito argilosa	81	12	33	68	139
Neossolo	Regolítico	Eutrófico	Léptico	Média	30	4	6	9	9
Latossolo	Vermelho	Distroférico	Típico	Muito argilosa	88	14	27	66	142
Neossolo	Regolítico	Eutrófico	Léptico	Média	34	2	3	4	4
Argissolo	Vermelho	Distrófico	Espessarênico	Arenosa/média	17	2	8	22	51
Latossolo	Vermelho	Acriférico	Típico	Muito argilosa	79	24	53	102	202
Chernossolo	Argilúvico	Férrico	Típico	Argilosa	42	17	40	71	111
Neossolo	Litólico	Chernossólico	Fragmentário	Média	29	13	17	20	20
Nitossolo	Vermelho	Distroférico	Típico	Muito argilosa	80	28	54	94	174

Tabela 2. Valores de água disponível (mm) das classes de capacidade de água disponível dos perfis de solo para diferentes intervalos de profundidade.

Classe de capacidade de água disponível	Profundidade do solo			
	0 - 0,2 m	0 - 0,5 m	0 - 1 m	0 - 2 m
..... mm				
Muito baixa	< 4,5	< 7,5	< 21,5	< 25,5
Baixa	≥4,5 e <10,5	≥7,5 e <22,5	≥21,5 e <54,5	≥25,5 e <100,5
Moderada	≥10,5 e <16,5	≥22,5 e <32,5	≥54,5 e <65,5	≥100,5 e <135,5
Suficiente	≥16,5 e <23,5	≥32,5 e <46,5	≥65,5 e <90,5	≥135,5 e <172,5
Ideal	≥23,5	≥46,5	≥90,5	≥172,5

Resultados

As rochas eruptivas e o arenito Caiuá são responsáveis pela formação dos solos da região. Na maior parte da área de estudo o retrabalhamento do basalto é o material de origem dos solos. Já na sua frente norte se inicia a influência do arenito Caiuá, quando o material de origem dos solos é uma mescla entre basalto e arenito. No limite norte da área aparecem os solos desenvolvidos isoladamente do arenito Caiuá. Na descrição das classes de solo procurou-se apresentar, além das definições constantes em Santos et al. (2018), as características locais que definem o universo dos solos estudados em relação ao global da classe.

Legenda do mapeamento de solos e quantitativos de área

As unidades de mapeamento e seus componentes estão faseadas na Tabela 3. A Tabela 4 informa as classes de capacidade de água disponível de cada componente de todas as unidades de mapeamento, a partir da prospecção de perfis de solo representativos desses componentes. A Tabela 5 destaca as principais inclusões de cada unidade de mapeamento e a Tabela 6 apresenta os quantitativos de extensão e distribuição percentual das unidades de mapeamento.

Tabela 3. Legenda de identificação das unidades de mapeamento de solos dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Unidade de mapeamento	Ordem	Sub-ordem	Grande grupo	Subgrupo	Horizonte A	Textura	Relevo	Vegetação ⁽¹⁾	Drenagem	Substrato	% do componente na unidade
PVd	Argissolo	Vermelho	Distrófico	típico	moderado	arenosa/média	suave ondulado-ondulado	ftsp	bem	arenito	100
PVe1	Argissolo	Vermelho	Eutrófico	típico	moderado	arenosa/média	suave ondulado	ftsp	bem	arenito	100
Pve2	Argissolo	Vermelho	Eutrófico	abruptico	moderado	arenosa/média	ondulado	ftsp	bem-moderadamente	arenito	100
GX1	Gleissolo	Háplico	-	-	-	argilosa	plano	cv/ftpv	mal-muito mal	sedimentos	100
GX2	Gleissolo	Háplico	-	-	-	-	plano	cv	mal-muito mal	sedimentos	60
	Argissolo	Vermelho	Eutrófico	típico	moderado	média/argilosa	plano suave-ondulado	ftp	bem-moderadamente	sedimentos	40
LVdf1	Latossolo	Vermelho	Distroférrico	típico	proeminente	muito argilosa	suave ondulado	fstp	fortemente-bem	basalto	100
LVdf2	Latossolo	Vermelho	Distroférrico	típico	proeminente	muito argilosa	ondulado	fstp	fortemente-bem	basalto	100
LVdf3	Latossolo	Vermelho	Distroférrico	típico	moderado	muito argilosa	suave ondulado	ftp-fstp	fortemente-bem	basalto	100
LVdf4	Latossolo	Vermelho	Distroférrico	típico	moderado	muito argilosa	suave ondulado	fstp	fortemente-bem	basalto	60
	Nitossolo	Vermelho	Distroférrico	típico	moderado	muito argilosa	ondulado	fstp	bem-moderadamente	basalto	40
LVdf5	Latossolo	Vermelho	Distroférrico	típico	moderado	muito argilosa	ondulado	fstp	fortemente-bem	basalto	100
LVd	Latossolo	Vermelho	Distrófico	típico	moderado	média	suave ondulado	fstsp	fortemente-bem	arenito	100
LVef1	Latossolo	Vermelho	Eutroférrico	típico	moderado	muito argilosa	suave ondulado	ftp	fortemente-bem	basalto	100
LVf2	Latossolo	Vermelho	Eutroférrico	típico	moderado	muito argilosa	suave ondulado	ftp	fortemente-bem	basalto	60
	Nitossolo	Vermelho	Eutroférrico	típico	moderado	muito argilosa	suave ondulado-ondulado	ftp	bem-moderadamente	basalto	40
LVe1	Latossolo	Vermelho	Eutrófico	típico	moderado	argilosa	suave ondulado	ftsp	fortemente-bem	arenito-basalto	100
LVe2	Latossolo	Vermelho	Eutrófico	típico	moderado	média	suave ondulado	ftsp	fortemente-bem	arenito	100
RRe	Neossolo	Regolítico	Eutrófico	leptofragmentário-léptico-típico	chernozêmico	argilosa pedregosa	forte ondulado-montanhoso	ftp-ftsp-fstp-ftsp	bem-moderadamente	basalto	40
	Neossolo	Litólico	Chernossólico	fragmentário-típico	chernozêmico	argilosa pedregosa	forte ondulado	ftp-ftsp-fstp-ftsp	bem-moderadamente	basalto	40
	Nitossolo	Vermelho	Eutroférrico	chernossólico	chernozêmico	muito argilosa	forte ondulado-ondulado	fstp	bem-moderadamente	basalto	20
NBef	Nitossolo	Bruno	Eutroférrico	chernossólico	chernozêmico	muito argilosa	ondulado- forte ondulado	fstp	bem-moderadamente	basalto	100

Continua...

Tabela 3. Continuação...

Unidade de mapeamento	Ordem	Sub-ordem	Grande grupo	Subgrupo	Horizonte A	Textura	Relevo	Vegetação ⁽¹⁾	Drenagem	Substrato	% do componente na unidade
NVdf1	Nitossolo	Vermelho	Distroférico	típico	proeminente	muito argilosa	ondulado	fstp	bem-moderadamente	basalto	100
NVdf2	Nitossolo	Vermelho	Distroférico	típico	proeminente	muito argilosa	ondulado	fstp	bem-moderadamente	basalto	60
	Latossolo	Vermelho	Distroférico	típico	proeminente	muito argilosa	suave ondulado	fstp	bem	basalto	40
NVdf3	Nitossolo	Vermelho	Distroférico	típico	moderado	muito argilosa	suave ondulado-ondulado	fstp	bem-moderadamente	basalto	100
NVef1	Nitossolo	Vermelho	Eutroférico	latossólico	moderado	muito argilosa	suave ondulado	ftp	bem	basalto	100
NVef2	Nitossolo	Vermelho	Eutroférico	chernossólico	chernozêmico	muito argilosa	ondulado	fstp	bem-moderadamente	basalto	100
NVef3	Nitossolo	Vermelho	Eutroférico	típico	moderado	muito argilosa	suave ondulado-ondulado	ftsp	bem-moderadamente	basalto	100
NVef4	Nitossolo	Vermelho	Eutroférico	típico	moderado	muito argilosa	ondulado	ftp-fstp	bem-moderadamente	basalto	100
NVef5	Nitossolo	Vermelho	Eutroférico	típico	moderado	muito argilosa	ondulado	ftp	bem-moderadamente	basalto	60
	Gleissolo	Háplico	-	-	-	argilosa	plano	ftpv	mal-muito mal	sedimentos	40
NVef6	Nitossolo	Vermelho	Eutroférico	chernossólico	chernozêmico	muito argilosa	ondulado- forte ondulado	fstp	bem-moderadamente	basalto	100
OX	Organossolo	Háplico	-	-	hístico	-	plano-suave ondulado	cv	mal-muito mal	sedimentos orgânicos	100

⁽¹⁾Vegetação: cv = campo de várzea, ftp = floresta tropical perenifólia, ftpv = floresta tropical perenifólia de várzea, ftsp = floresta tropical subperenifólia, fsp = floresta subtropical perenifólia, fstsp = floresta subtropical subperenifólia.

Tabela 4. Classes de capacidade de água disponível para diferentes intervalos de profundidade do solo nos componentes das unidades de mapeamento de solos dos municípios da Bacia do Paraná 3 (BP3) e Palotina.

Unidade de mapeamento	Componente ⁽¹⁾	Classe de capacidade de água disponível			
		0 - 0.2 m	0 - 0.5 m	0 - 1 m	0 - 2 m
PVd	PVd	Muito baixa	Baixa	Baixa	Moderada
PVe1	PVe	Muito baixa	Baixa	Baixa	Moderada
PVe2	PVe	Baixa	Baixa	Baixa	Moderada
GX1	GX ⁽²⁾	-	-	-	-
GX2	GX ⁽²⁾	-	-	-	-
	PVe	Baixa	Moderada	Moderada	Suficiente
LVdf1	LVdf	Moderada	Moderada-Suficiente	Suficiente	Suficiente-Ideal
LVdf2	LVdf	Moderada	Moderada-Suficiente	Suficiente	Suficiente-Ideal
LVdf3	LVdf	Moderada	Moderada-Suficiente	Suficiente	Suficiente-Ideal
LVdf4	LVdf	Moderada	Moderada-Suficiente	Suficiente	Suficiente-Ideal
	NVdf	Suficiente	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal
LVdf5	LVdf	Moderada	Moderada-Suficiente	Suficiente	Suficiente-Ideal
LVd	LVd	Baixa	Moderada	Moderada	Moderada
LVEf1	LVEf	Moderada	Moderada-Suficiente	Suficiente	Suficiente-Ideal
LVEf2	LVEf	Moderada	Moderada-Suficiente	Suficiente	Suficiente-Ideal
	NVEf	Suficiente	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal
LVE1	LVE	Baixa	Moderada	Moderada	Suficiente
LVE2	LVE	Baixa	Moderada	Moderada	Moderada
RRe	RRe	Baixa	Baixa-Muito baixa	Muito baixa	Muito baixa
	RLm	Baixa	Baixa-Muito baixa	Muito baixa	Muito baixa
	NVEf	Suficiente	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal
NVdf1	NVdf	Suficiente	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal
NVdf2	NVdf	Suficiente	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal
	LVdf	Moderada	Moderada-Suficiente	Suficiente	Suficiente-Ideal
NVdf3	NVdf	Suficiente	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal
NVEf1	NVEf	Suficiente	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal
NVEf2	NVEf	Suficiente	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal
NVEf3	NVEf	Suficiente	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal
NVEf4	NVEf	Suficiente	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal
NVEf5	NVEf	Suficiente	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal
	GX ⁽²⁾	-	-	-	-
NVEf6	NVEf	Suficiente	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal	Suficiente-Ideal
OX	OX ⁽²⁾	-	-	-	-

⁽¹⁾ Símbolo das classes de solo – Ordem e Subordem (letras maiúsculas): PV = Argissolo Vermelho, GX = Gleissolo Háptico, LV = Latossolo Vermelho, RR = Neossolo Regolítico, RL = Neossolo Litólico, NV = Nitossolo Vermelho, OX = Organossolo Háptico. Grande Grupo (letras minúsculas): d = Distrófico, e = Eutrófico, df = Distroférico, ef = Eutroférico, m = Chernossólico.

⁽²⁾ Solos com hidromorfismo não foram qualificados quanto à capacidade de água disponível, considerando que seu regime de umidade independe desse atributo.

Tabela 5. Principais inclusões das unidades de mapeamento de solos dos municípios da Bacia do Paraná 3 (BP3) e Palotina.

Unidade de mapeamento	Principal inclusão ⁽¹⁾
PVd	PVd arênico, PVd abruptico, PVAe
PVe1	PVe arênico, PVe abruptico, PVAe
PVe2	PVe arênico, PVe típico, PVAe
GX1	OX, CYbe, RY
GX2	RY, CYbe
LVdf1	LVdf nitossólico, LVe nitossólico, NVef, NVdf, CXbdf, RRd, RLd
LVdf2	LVdf nitossólico, LVe nitossólico, NVef, NVdf
LVdf3	LVdf nitossólico, LVe, NVdf, NVef, CXbdf, MX, MT, RRd, RRe
LVdf4	MX, MT, RRe, RLe
LVdf5	NVdf, MX, MT, RRe
LVd	LVd argissólico, LVe
LVe1	LVe textura argilosa, NVef, MX, MT, RRe
LVe2	LVdf, MX, MT, RRe, RLe
LVe1	LVe textura média, LVd textura argilosa ou média, PVd textura média/argilosa
LVe2	LVe argissólico, LVe textura argilosa, LVd, PVd
RRe	LVdf, LVe nitossólico, CXve, MX, MT, afloramento rochoso
NVdf1	NVef, LVdf, CXbef, RRe
NVdf2	NVef, CXbdf, RRe, RLe
NVdf3	NVef, LVdf, RR, RL
NVef1	LVe, RRe, RLe, GX
NVef2	NVef típico, LVe, RRe, RLe
NVef3	LVe, MX, MT, RRe, RLe
NVef4	LVe, LVdf, MX, MT, RRe, RLe, GX
NVef5	LVe, RRe, RLe
NVef6	LVe, CXbef, RRe
OX	-

⁽¹⁾ Símbolo das classes de solo – Ordem e Subordem (letras maiúsculas): PV = Argissolo Vermelho, PVA = Argissolo Vermelho-Amarelo, CY = Cambissolo Flúvico, CX = Cambissolo Háptico, MT = Chernossolo Argilúvico, MX = Chernossolo Háptico, GX = Gleissolo Háptico, LV = Latossolo Vermelho, RY = Neossolo Flúvico, RR = Neossolo Regolítico, RL = Neossolo Litólico, NV = Nitossolo Vermelho, OX = Organossolo Háptico. Grande Grupo (letras minúsculas): d = Distrófico, e = Eutrófico, df = Distroférico, ef = Eutroférico, bdf = Tb Distroférico, bef = Tb Eutroférico, ve = Ta Eutrófico, be = Tb Eutrófico.

Tabela 6, Quantitativos das unidades de mapeamento de solos dos municípios que formam a Bacia do Paraná 3 (BP3), mais o município de Palotina (descrição completa da legenda na Tabela 3).

Unidade de mapeamento	Tipo de unidade de mapeamento ⁽¹⁾	Área	
		km ²	% do total
PVd	Simple	15,4	0,1
PVe1	Simple	99,4	0,7
PVe2	Simple	48,5	0,3
GX1	Simple	103,9	0,7
GX2	Associação (2)	5,9	0,0
LVdf1	Simple	308,7	2,1
LVdf2	Simple	174,9	1,2
LVdf3	Simple	2.060,2	14,0
LVdf4	Associação (2)	65,8	0,4
LVdf5	Simple	651,6	4,4
LVd	Simple	76,3	0,5
LVEf1	Simple	2.464,8	16,8
LVEf2	Associação (2)	270,2	1,8
LVE1	Simple	30,9	0,2
LVE2	Simple	220,2	1,5
RRe	Associação (3)	1.578,1	10,7
NVdf1	Simple	64,6	0,4
NVdf2	Associação (2)	27,9	0,2
NVdf3	Simple	28,9	0,2
NVEf1	Simple	260,6	1,8
NVEf2	Simple	27,5	0,2
NVEf3	Simple	15,6	0,1
NVEf4	Simple	3.227,4	22,0
NVEf5	Associação (2)	29,3	0,2
NVEf6	Simple	23,5	0,2
OX	Simple	9,8	0,1
Áreas de conservação oficiais		1.462,8	10,0
Terras indígenas		25,4	0,2
Espelhos d'água	-	756,2	5,1
Área urbana	-	562,6	3,8
	Total	14.696,85	100

⁽¹⁾ O número que aparece entre parênteses nas unidades de mapeamento de solos formada por associações de solos, corresponde ao número de componentes de cada associação.

Classes de solo

Argissolo Vermelho

Argissolo – solo constituído por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou alta, sendo que a argila de atividade alta deve estar conjugada com saturação por bases baixa, podendo apresentar caráter aluminico. Essas características devem predominar no total do horizonte B, ainda aliadas aos seguintes requisitos: i) Horizonte plíntico, se presente, não satisfaz aos requisitos para Plintossolo; e ii) Horizonte glei, se presente, não satisfaz aos requisitos para Gleissolo.

Argissolo Vermelho (PV) – solo com matiz 2,5YR ou mais vermelho ou com matiz 5YR e valores e cromas iguais ou menores que 4 na maior parte dos primeiros 100 cm de horizonte B (inclusive BA).

Argissolo Vermelho Distrófico (PVd) – solo com saturação por bases baixa (<50%) e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) < 18 dag kg^{-1} na maior parte dos primeiros 100 cm de horizonte B (inclusive BA).

Argissolo Vermelho Eutrófico (PVe) – solo com saturação por bases alta ($\geq 50\%$) e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) < 18 dag kg^{-1} na maior parte dos primeiros 100 cm de horizonte B (inclusive BA).

Os PVs totalizam 163,2 km² ou 1,1% da área de estudo e sua distribuição pode ser observada na Figura 1. A Tabela 7 apresenta as principais características dos PVs da região. O material de origem (arenito) define a textura arenosa/média destes volumes (Tabela 8), não sendo incomum a ocorrência de caráter arênico e mesmo espessarênico. A Figura 2 apresenta perfil e paisagem de um PV no município de Guaíra, PR. Além dos PVs em elevações sob influência do arenito, ocorrem PVs Eutróficos típicos textura média/argilosa associados aos Gleissolos, como segundo componente da unidade de mapeamento GX2 (relevo plano e material de origem de sedimentos retrabalhados).

Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina:
estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto

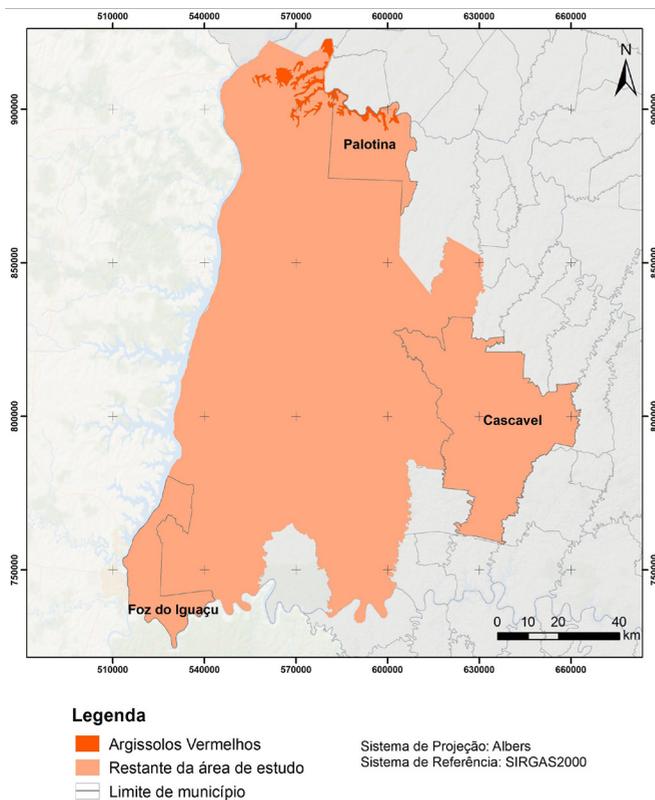


Figura 1. Mapa da área de estudo realçando as unidades de mapeamento de solos que apresentam como primeiro componente Argissolos Vermelhos.

Tabela 7. Características gerais dos Argissolos Vermelhos e de suas paisagens nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Característica ou atributo	Descrição
Relevo	Suave ondulado, ondulado
Cronologia e litologia	Mesozóico, arenito Caiuá
Drenagem	Bem a acentuadamente drenado
Vegetação primária	Floresta tropical subperenifólia
Uso atual	Pastagens, lavouras em plantio direto de milho e soja em sucessão
Classe de 4º nível	Típico, abrupto, arênico
Tipo de horizonte A	Moderado
Textura	Arenosa/média
Cores do horizonte Bt	Bruno-avermelhado, vermelho, bruno-avermelhado-escuro e vermelho-escuro (2,5YR com valores de 3 a 4 e cromas de 4 a 6)
Estrutura dos horizontes	Horizonte A - fraca granular e grãos simples; horizonte Bt - fraca a moderada média bloco subangular
Consistência seca	Macia
Consistência úmida	Friável
Consistência molhada	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa

Tabela 8. Algumas características de materiais de solo de diferentes horizontes de dois Argissolos Vermelhos, municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Atributo	Unidade	Argissolo Vermelho Distrófico			
		Arênico		Espessarênico ⁽¹⁾	
Horizonte		Ap	Bt	Ap/AB	AB3
Profundidade	cm	0 - 20	80 - 100	0 - 10	60 - 140
Areia	dag kg ⁻¹	86	80	89	85
Silte	dag kg ⁻¹	6	6	4	10
Argila	dag kg ⁻¹	8	14	7	14
P assimilável	mg dm ⁻³	1,6	0,68	12,8	1,74
C orgânico	dag dm ⁻³	0,75	0,08	0,35	0,09
pH	-	5,8	5,4	5,6	4,8
Al	cmol _c dm ⁻³	0,09	0,3	0,17	0,8
H+Al	cmol _c dm ⁻³	1,89	1,3	1,94	1,9
Ca	cmol _c dm ⁻³	0,97	0,6	0,67	0,1
Mg	cmol _c dm ⁻³	0,32	0,1	0,26	0,1
K	cmol _c dm ⁻³	0,17	0,06	0,06	0,04
Soma de bases trocáveis	cmol _c dm ⁻³	1,46	0,8	0,99	0,3
Capacidade de troca catiônica	cmol _c dm ⁻³	3,35	2,2	2,93	2,2
Saturação por bases	%	44	39	34	13
Saturação por Al	%	6	24	15	74

⁽¹⁾ Perfil soterrado por material arenoquartzoso devido a rompimento de terraço à montante, por isso horizonte Bt não foi alcançado até 140 cm.



Figura 2. Perfil e paisagem de Argissolo Vermelho Distrófico arênico, A moderado, textura arenosa/média, relevo ondulado de terço inferior de encosta com 16% de declividade. Uso atual: milho e pastagem. Guaira, PR.

Distribuição dos solos na paisagem

As áreas de PVs ocorrem no limite norte da área de estudo, quando a influência do arenito Caiuá passa a dominar a paisagem e torna a presença desses solos comum.

Os PVs podem ocupar topos arredondados, encostas de elevações de relevo ondulado e, para outros tipos de elevações, tendem a acompanhar as partes baixas da paisagem, em relevo suave ondulado.

Na unidade de mapeamento GX2, Argissolos desenvolvidos em sedimentos retrabalhados ocorrem como segundo membro da associação, ocupando as partes mais elevadas da paisagem em relevo plano.

Potencial de uso agrícola

Apresentam problemas de suscetibilidade à erosão, decorrentes da sinergia entre as pendentes onduladas à suave onduladas e a textura superficial arenosa. Áreas sob uso agrícola podem apresentar forte presença de erosão, com a presença de muitos sulcos de erosão. É essencial a utilização do melhoramento da suscetibilidade à erosão com a construção de terraços. Cadeias produtivas baseadas em cultivos perenes aumentam a sustentabilidade dessas terras, ao diminuírem os riscos com problemas de erosão.

Nos sistemas pastoris deve-se ter cuidado com a manutenção das pastagens, a densidade de ocupação das terras com animais e com as práticas de conservação de solos.

A fertilidade natural também é muito baixa, mesmo quando a saturação de bases é alta. A boa distribuição de chuvas da região eleva a perspectiva de resposta ao melhoramento da fertilidade pelo uso de adubação nesses solos arenosos, que apresentam significativa perda vertical (lixiviação) de nutrientes (Carmo et al., 1990).

Gleissolo Háptico

Gleissolo – Solo constituído por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 50 cm da superfície do solo ou entre 50 cm e 150 cm de profundidade, desde que imediatamente abaixo do horizonte A ou E, ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Não apresentam horizonte vértico ou horizonte B plânico acima ou coincidente com horizonte glei, tampouco qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei, ou textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm, a partir da superfície do solo ou até um contato lítico. Horizonte plíntico, se presente, deve estar a profundidade superior a 200 cm da superfície do solo.

Gleissolo Háptico (GX) – solos que não se enquadram em outras subordens de Gleissolo, ou seja: não apresentam horizonte sulfúrico nem materiais sulfídricos dentro de 100 cm da superfície; não apresentam caráter sálico em um ou mais horizontes dentro de 100 cm da superfície; e apresentam A moderado (não apresentam horizonte hístico, A húmico, A proeminente ou A chernozêmico).

Parte da área dos Gleissolos sofreu redução após a construção da barragem de Itaipu. Atualmente, eles ocupam 109,8 km² ou 0,7 % da área de estudo. A maior parte das manchas está concentrada nas margens do rio Paraná e em baixadas mapeáveis da porção norte da área de estudo, mais precisamente em terras dos municípios de Terra Roxa e Palotina (Figura 3).

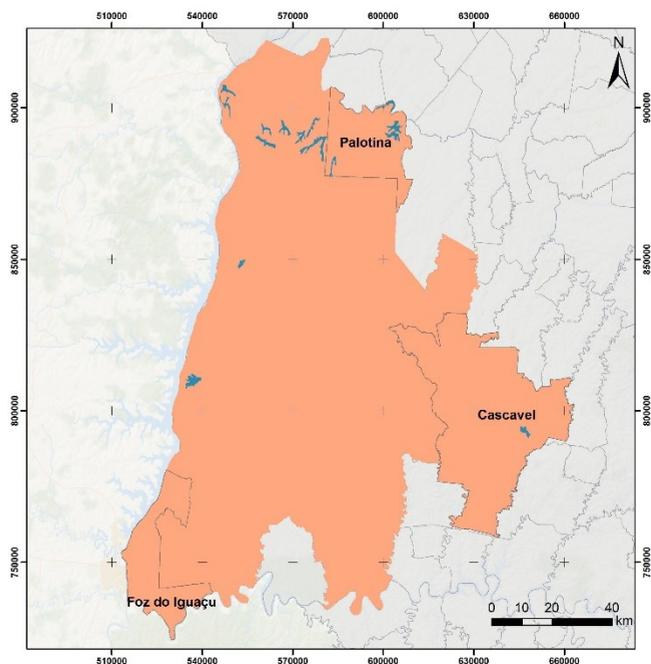


Figura 3. Mapa da área de estudo realçando as unidades de mapeamento de solos que apresentam como primeiro componente Gleissolos Háplicos.

Legenda

- Gleissolos Háplicos
- Restante da área de estudo
- Limite de município

Sistema de Projeção: Albers
Sistema de Referência: SIRGAS2000

A Tabela 9 apresenta as características dos GXs locais. Pelas limitações impostas pela legislação ambiental, pela forte a muito forte deficiência de oxigênio (excesso de água) e pela função na regulação hídrica da paisagem, áreas de solos hidromórficos são de uso restrito.

Tabela 9. Características gerais dos Gleissolos Háplicos e de suas paisagens nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Característica ou atributo	Descrição
Relevo	Plano
Cronologia e litologia	Quaternário, sedimentos fluviais com forte contribuição de sedimentos argilosos dos solos das elevações
Drenagem	mal e muito mal drenado
Vegetação primária	campo de várzea e floresta tropical perenifólia de várzea
Uso atual (predominante)	pastagens, pousio, regeneração e fragmentos de vegetação primária (ausência de corte raso)
Tipo de horizonte superficial	A moderado (predominante)
Textura	argilosa (predominante)

Distribuição dos solos na paisagem

Estão distribuídos de forma indistinta nas cotas mais baixas das planícies que exibem padrão de leito meandrante livre, com predominância de Gleissolos Háplicos.

Potencial de uso agrícola

Por estarem marcadamente associadas às áreas de preservação permanente fluviais em uma região com grande impacto da agricultura de grãos, espera-se que as várzeas sejam priorizadas para fins de preservação.

Latossolo Vermelho

Latossolo – solo constituído por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura.

Latossolo Vermelho (LV) – solo com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm de horizonte B (inclusive BA).

Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf) – solo com saturação por bases baixa (<50%) e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) ≥ 18 e < 36 dag kg^{-1} , ambas as características na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) – solo com saturação por bases baixa (<50%) e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) < 18 dag kg^{-1} , ambas as características na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) – solo com saturação por bases alta ($\geq 50\%$) e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) ≥ 18 e < 36 dag kg^{-1} , ambas as características na maior parte dos primeiros 100 cm de horizonte B (inclusive BA).

Latossolo Vermelho Eutrófico (LVe) – solo com saturação por bases alta ($\geq 50\%$) e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) < 18 dag kg^{-1} , ambas as características na maior parte dos primeiros 100 cm de horizonte B (inclusive BA).

Os LVs são os solos predominantes na região, alcançando 6.323,7 km² ou 43,0 % da área de estudo (Figura 4). A Tabela 10 apresenta as principais características dos LVs. São desenvolvidos a partir de rochas eruptivas básicas e do arenito Caiuá ou da mistura de ambos. As Figuras 5 e 6 apresentam, respectivamente, perfis e paisagens de LVdf e LVd na região do estudo.

Para os LVs desenvolvidos de rochas eruptivas básicas, o material de origem define, além do caráter fêrrico, a textura muito argilosa, sendo observados valores do teor de argila entre 79 dag kg^{-1} e 86 dag kg^{-1} nas amostras do horizonte Bw (Tabela 11). Os LVs sem caráter fêrrico são mais variáveis em textura e dependem da maior ou menor influência do arenito Caiuá. A textura vai de arenosa a média no horizonte superficial (8 dag kg^{-1} a 30 dag kg^{-1} de teor de argila) e de média a argilosa no horizonte Bw subsuperficial (28 dag kg^{-1} a 49 dag kg^{-1} de teor de argila). É muito comum a presença de horizontes A degradados, com teores de C orgânico e bases depreciados pelos processos erosivos locais. Nas características químicas, ficam evidentes pelos valores médios as diferenças entre os LVs com e sem caráter fêrrico, sendo esse aspecto mais importante para o manejo da fertilidade que a saturação de bases ou por Al.

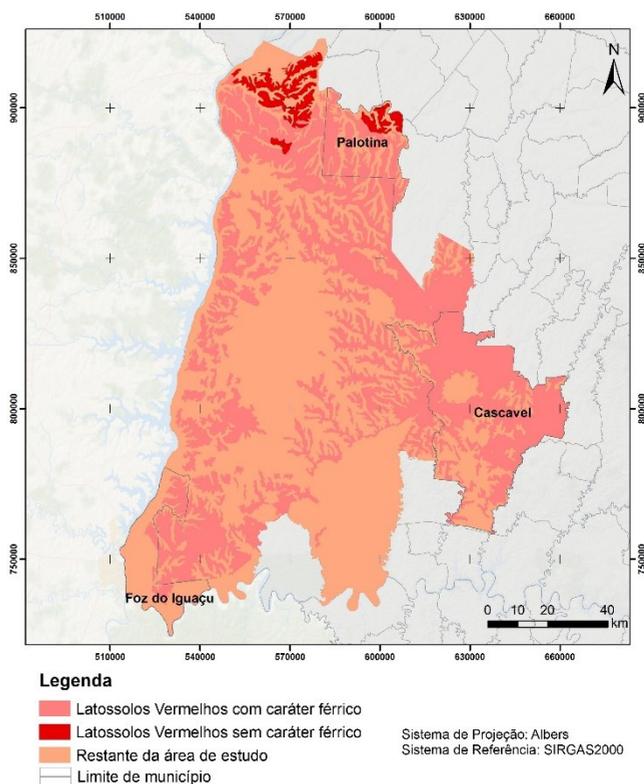


Figura 4. Mapa da área de estudo realçando as unidades de mapeamento de solos que apresentam como primeiro componente Latossolos Vermelhos.

Tabela 10. Características gerais dos Latossolos Vermelhos e de suas paisagens nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Característica ou atributo	Descrição
Relevo	Suave ondulado, ondulado, plano
Cronologia e litologia	Mesozóico, rochas eruptivas básicas e arenito Caiuá
Drenagem	Fortemente a bem drenado
Vegetação primária	Floresta subtropical perenifólia, floresta tropical perenifólia, floresta subtropical subperenifólia, floresta tropical subperenifólia
Uso atual (predominante)	Plantio direto de milho e soja em sucessão
Classe de 3º nível	Distroférico, Distrófico, Eutroférico, Eutrófico
Classe de 4º nível	Típico
Tipo de horizonte A	Moderado, proeminente
Textura	Muito argilosa, argilosa, média
Cores do horizonte Bw	Vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3 e 3/4), vermelho-escuro (2,5YR e 10R 3/6), bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4 e 10R)
Estrutura dos horizontes	Horizonte A - fraca à moderada pequena à média granular, grãos simples; horizonte Bw - fraca média bloco subangular, forte ultrapequena granular
Consistência seca	Macia a ligeiramente dura, podendo ficar dura a muito dura nos horizontes superficiais e no topo do horizonte B em função da compactação
Consistência úmida	Muito friável a friável
Consistência molhada	Ligeiramente a muito plástica e ligeiramente a muito pegajosa



Figura 5. Perfil e paisagem de Latossolo Vermelho Distroférico típico, A moderado, textura muito argilosa, relevo plano de topo de elevação com 1% de declividade. Uso atual: milho. Guaíra, PR.



Figura 6. Perfil e paisagem de Latossolo Vermelho Distrófico típico, A moderado, textura média/argilosa, relevo plano de topo de elevação com declividade <1%. Uso atual: milho. Guaíra, PR.

Tabela 11. Valores médios de algumas características de materiais de solo de diferentes horizontes de Latossolos Vermelhos com caráter férrico (n = 6, todos Distroféricos) e sem caráter férrico (n = 5, todos Distróficos), municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina⁽¹⁾.

Atributo	Unidade	Latossolo Vermelho			
		Com caráter férrico		Sem caráter férrico	
Horizonte		A/Ap	Bw	A/Ap	Bw
Profundidade	cm	0 - 21	41 - 84	0 - 23	58 - 106
Areia	dag kg ⁻¹	8	4	73	58
Silte	dag kg ⁻¹	20	13	5	4
Argila	dag kg ⁻¹	72	83	22	38
P assimilável	mg dm ⁻³	15,3	1,12	6,49	1,62
C orgânico	dag dm ⁻³	2,70	0,83	0,66	0,26
pH	-	5,4	5,20	5,40	4,20
Al	cmol _c dm ⁻³	1,28	0,94	1,04	1,09
H+Al	cmol _c dm ⁻³	10,67	5,79	4,03	4,91
Ca	cmol _c dm ⁻³	3,87	1,39	1,12	1,08
Mg	cmol _c dm ⁻³	1,59	0,77	0,41	0,16
K	cmol _c dm ⁻³	0,35	0,06	0,10	0,03
Soma de bases trocáveis	cmol _c dm ⁻³	5,91	1,92	1,64	1,27
Capacidade de troca catiônica	cmol _c dm ⁻³	16,58	7,71	5,67	6,18
Saturação por bases	%	39	26	30	34
Saturação por Al	%	23	38	40	39

⁽¹⁾ Amostras oriundas de campanhas de campo e Embrapa (1984).

Nos LVs com caráter férrico, a fração argila apresenta elevados teores de óxidos de Fe (Tabela 12) que, de forma geral, se correlacionam com teores de gibbsita, e convivem também com elevados teores de caulinita (Ker, 1995; Gomes et al., 2004). Nesses Latossolos, a presença abundante de magnetita nas frações grosseiras e de maghemita nas frações finas impõe uma elevada atração magnética (Resende, 1976; Ker, 1995), o que pode ser facilmente observado pela atração do material do solo pulverizado e seco por um imã (Figura 7).

Tabela 12. Valores de óxidos e relações calculadas a partir de extrações pelo ataque sulfúrico da terra fina seca ao ar do horizonte Bw de Latossolos Vermelhos com caráter férrico, municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina⁽¹⁾.

Atributo	Unidade	Local do perfil			
		Cascavel	Toledo	Medianeira	
Profundidade	cm	45 - 130	85 - 130	55 - 100	30 - 52
SiO ₂	dag kg ⁻¹	10,5	12,2	27,9	27,7
Al ₂ O ₃	dag kg ⁻¹	28,2	24,7	28,2	26,6
Fe ₂ O ₃	dag kg ⁻¹	26,6	21,5	21,4	21,8
TiO ₂	mg dm ⁻³	3,80	3,50	2,30	2,90
P ₂ O ₅	dag dm ⁻³	0,15	-	0,11	0,12
Ki ⁽²⁾	-	0,63	0,84	1,68	1,77
Kr ⁽²⁾	-	0,39	0,54	1,13	1,16
Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	-	1,66	1,80	2,06	1,91

⁽¹⁾ Amostras oriundas de Embrapa (1984).

⁽²⁾ Ki = relação molecular SiO₂/Al₂O₃; Kr = relação molecular SiO₂/(Al₂O₃+Fe₂O₃).



Foto: Joao Bosco Vasconcellos Gomes

Figura 7. Atração magnética por imã de mão do material de solo com caráter férrico desenvolvido a partir de rocha eruptiva básica.

Distribuição dos solos na paisagem

Dominam a maior parte das elevações com grau de dissecação baixo a médio de vertentes longas e convexas. O relevo suave ondulado predomina, com parte dos topos em relevo plano e encostas onduladas em menor quantidade.

Potencial de uso agrícola

As unidades de mapeamento comandadas por Latossolos são as maiores responsáveis pela pujança agrícola da região e representam a maior fatia das terras com expressivo potencial para a agricultura de grãos. Declividades que permitem a mecanização total, desde o plantio até a colheita; sistema de produção privilegiando o não revolvimento do solo (plantio direto) que, aliado às técnicas de terraceamento, diminuem as taxas de erosão do solo em níveis seguros e também representam grande economia de água; um material de solo (textura e mineralogia) que permite boas taxas de infiltração e de retenção de água; todos esses aspectos do solo em conjunto aos do clima, com razoável para boa distribuição de chuvas, permitem no mínimo dois ciclos de cultivos anuais.

As terras dominadas pelos LVs sem caráter férrico e com textura argilosa (unidade de mapeamento LVe1) podem ser consideradas, no balanço de suas características, as que reúnem melhores condições para uma agricultura industrial na região. A capacidade de armazenar água é razoável e, em comparação com as terras dos LVs com caráter férrico, possuem uma textura da camada arável que facilita as intervenções de mecanização. Um grau abaixo, geralmente ficam os LVs sem caráter férrico de textura média, desenvolvidos sob maior influência do arenito Caiuá; eles tendem a sofrer mais com problemas de deficiência de água e suscetibilidade à erosão.

Os problemas com deficiência de fertilidade são fortes/muito fortes a moderados, mas o melhoramento da deficiência de fertilidade é prática incorporada pelos sistemas de produção locais.

Neossolo

Neossolo – solo pouco evoluído constituído por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Horizontes glei,

plúntico, vértico e A chernozêmico, quando presentes, não ocorrem em condição diagnóstica para as classes Gleissolo, Plintossolo, Vertissolo e Chernossolo, respectivamente.

Neossolo Litólico (RL) – solo com horizonte A ou hístico, assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro > 2 mm (cascalhos, calhaus e matações), que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo. Esses solos admitem um horizonte B no início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

Neossolo Regolítico (RR) – solo com contato lítico a uma profundidade maior que 50 cm e horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr, admitindo horizonte Bi com menos de 10 cm de espessura. Apresenta um dos seguintes requisitos: a) 4% ou mais de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo) na fração areia total e, ou cascalho, porém referidos a 100 g de TFSA, em algum horizonte dentro de 150 cm da superfície do solo; e b) 5% ou mais do volume da massa do horizonte C ou Cr, dentro de 150 cm de profundidade, apresentando fragmentos de rocha semi-intemperizada, saprólito ou fragmentos formados por restos da estrutura orientada da rocha (pseudomorfos) que originou o solo.

Os Neossolos estão distribuídos por 1.578,1 km² ou 10,7 % da área de estudo (Figura 8). São essas paisagens de Neossolos as mais povoadas pelos pequenos produtores, cujo nível tecnológico se adapta mais às condições de relevo mais “dobrado” e solos mais rasos.

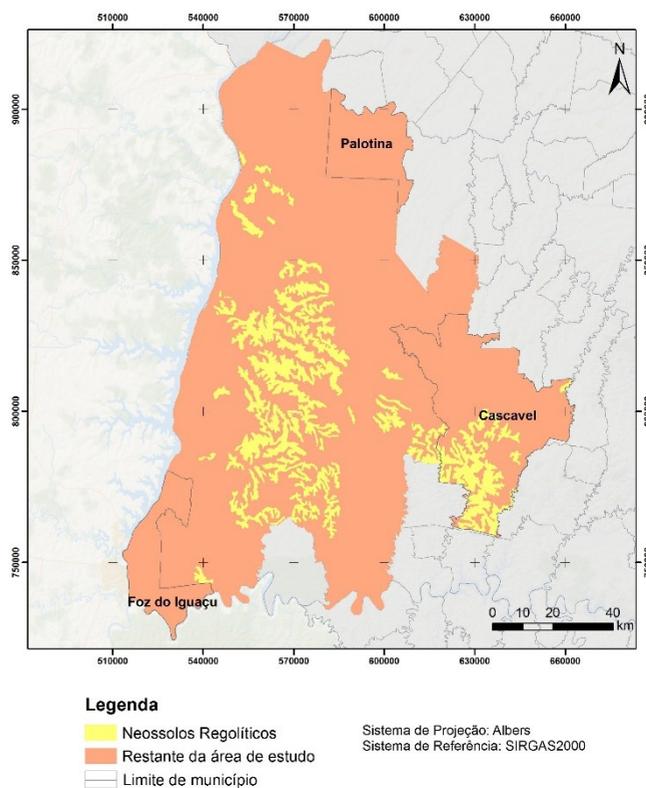


Figura 8. Mapa da área de estudo realçando as unidades de mapeamento de solos que apresentam como primeiro componente Neossolos Regolíticos.

Apenas uma unidade de mapeamento possui Neossolos, a unidade RRe, uma associação de RRs e RLs. As características dos RRs e RLs da região estão na Tabela 13. A presença de ambos ocorre em estreita associação na paisagem com corpos de afloramento de rochas, sendo que estes corpos não alcançam uma porcentagem de área suficiente (>20%) para serem componente da associação. Os horizontes superficiais dos RRs e RLs apresentam boa fertilidade natural (Tabela 14). Os materiais amostrados têm textura média, com teores elevados de silte, compensados por também elevados teores de matéria orgânica. A Figura 9 apresenta perfil e paisagem de RRe na região.

Tabela 13. Características gerais dos Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos e de suas paisagens nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Característica ou atributo	Descrição
Relevo	Forte ondulado e montanhoso
Cronologia e litologia	Mesozóico, rochas eruptivas básicas
Drenagem	Bem a moderadamente drenado
Vegetação primária	Floresta subtropical perenifólia, floresta tropical perenifólia, floresta subtropical subperenifólia, floresta tropical subperenifólia
Uso atual (predominante)	Pastagens com baixo desenvolvimento de biomassa, pousio, regeneração e fragmentos de vegetação secundária
Classe de 3º nível	RL – Chernossólico, Eutrófico; RR – Eutrófico
Classe de 4º nível	RL – fragmentário, típico; RR – leptofragmentário, léptico, típico
Tipo de horizonte A	Chernozêmico, proeminente, moderado
Textura	Muito argilosa, argilosa, média, todas comumente cascalhentas e pedregosas
Cores do horizonte A	Vermelho-escuro a bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/2 e 3/3)
Estrutura do horizonte A	Moderada a fraca granular
Fases	Pedregosa, rochosa
Consistência úmida	Friável a firme
Consistência molhada	Plástica e pegajosa

Tabela 14. Valores de algumas características de materiais de solo do horizonte A de um Neossolo Litólico e dois Neossolos Regolíticos, municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina⁽¹⁾.

Atributo	Unidade	RL	RR	Ap/Cr
Horizonte		Ap	Ap	Ap/Cr
Profundidade	cm	0 - 23	0 - 20	0 - 12
Areia	dag kg ⁻¹	28	29	32
Silte	dag kg ⁻¹	42	41	34
Argila	dag kg ⁻¹	30	30	34
P assimilável	mg dm ⁻³	2,5	256,9	2,8
C orgânico	dag dm ⁻³	4,68	2,9	3,9
pH	-	7,2	7,1	5,3
Al	cmol _c dm ⁻³	0,0	0,03	0,05
H+Al	cmol _c dm ⁻³	1,70	1,54	5,05
Ca	cmol _c dm ⁻³	22,0	15,8	9,9
Mg	cmol _c dm ⁻³	2,9	4,8	3,1
K	cmol _c dm ⁻³	1,4	1,1	0,5
Soma de bases trocáveis	cmol _c dm ⁻³	26,39	21,75	13,49
Capacidade de troca catiônica	cmol _c dm ⁻³	28,09	23,29	18,54
Saturação por bases	%	94	93	73
Saturação por Al	%	0	0	0

⁽¹⁾ Amostras oriundas de campanhas de campo e Embrapa (1984).



Figura 9. Perfil e paisagem de Neossolo Regolítico Eutrófico típico, A chernozêmico, textura média cascalhenta, fase pedregosa, relevo forte ondulado de terço médio de encosta com 24% de declividade. Uso atual: pousio. Missal, PR.

Distribuição dos solos na paisagem

Na unidade de mapeamento RRe, os RRs e os RLs aparecem nas partes mais declivosas da associação, em relevo montanhoso a forte ondulado. O terceiro componente da associação, os NVs, ocorrem em relevo ondulado. É comum faixas rochosas nas partes de ocorrência dos RRs e RLs, também podendo ocorrer Chernossolos mais pontualmente. As elevações podem apresentar relevo patamarizado.

Potencial de uso agrícola

A presença de solos pouco desenvolvidos, rasos, em relevos de declive acentuado torna essas terras marginais ao uso agrícola. Em parte, os produtores já deixam essas áreas livres de sistemas produtivos que dependam da mecanização, devido à presença abundante de pedras e matacões, tanto em superfície como na massa do solo. Ainda é comum nestas áreas a presença de pastagens com uma baixa taxa de ocupação.

Os solos de maior potencial, os NVs, são utilizados de forma mais intensiva, incluindo culturas anuais. Pode-se considerar que o conjunto dos Neossolos (mais especificamente os RRs) possam suportar pequenas roças artesanais, possuindo para isso a vantagem de uma elevada reserva de nutrientes (ausência de deficiência de nutrientes). Isso ocorre principalmente nas partes de menor declividade dessas terras, o que facilita o manejo. Para esses mesmos agricultores, vislumbra-se maior sustentabilidade para sistemas que privilegiem espécies arbóreas, pelas já citadas dificuldades com desvios por impedimentos ao manejo/mechanização e, também, suscetibilidade à erosão.

Nitossolo

Nitossolo – solo constituído por material mineral, com 350 dag kg⁻¹ ou mais de argila, inclusive no horizonte A, que apresentam horizonte B nítrico abaixo do horizonte A. O horizonte B nítrico apresenta argila de atividade baixa ou atividade alta conjugada com caráter aluminico, ambos na maior parte dos primeiros 100 cm de horizonte B. Os Nitossolos praticamente não apresentam policromia no perfil e devem satisfazer certos critérios referentes a este aspecto (ver Santos et al., 2018).

Nitossolo Vermelho (NV) – solo com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm de horizonte B (exclusive BA).

Nitossolo Vermelho Distroférico (NVdf) – solo com saturação por bases baixa (<50%) e teores de Fe₂O₃ (pelo H₂SO₄) ≥ 15 e < 36 dag kg⁻¹, ambos na maior parte dos primeiros 100 cm de horizonte B (inclusive BA).

Nitossolo Vermelho Eutrófico (NVef) – solo com saturação por bases alta (≥50%) e teores de Fe₂O₃ (pelo H₂SO₄) ≥ 15 e < 36 dag kg⁻¹, ambos na maior parte dos primeiros 100 cm de horizonte B (inclusive BA).

Os Nitossolos só perdem em extensão nas terras da BP3 e do município de Palotina para a ordem dos Latossolos, ficando distribuídos por 3.705,2 km², ou 25,2 % da área de estudo (Figuras 10 e 11). A Tabela 15 apresenta as principais características dos Nitossolos, todos com o caráter férrico que define o terceiro nível hierárquico (grande grupo) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Se apresentam como distróficos e eutróficos (Tabela 16). Como para parte dos LVs, o material de origem (rochas eruptivas básicas) define, além do caráter férrico, conforme os teores de óxidos de ferro

(Tabela 17), a textura muito argilosa dos Nitossolos locais. Os comentários feitos para diferenciação de horizontes e atração magnética do material do solo nos LVs com caráter férrico servem aqui também para os Nitossolos com caráter férrico.

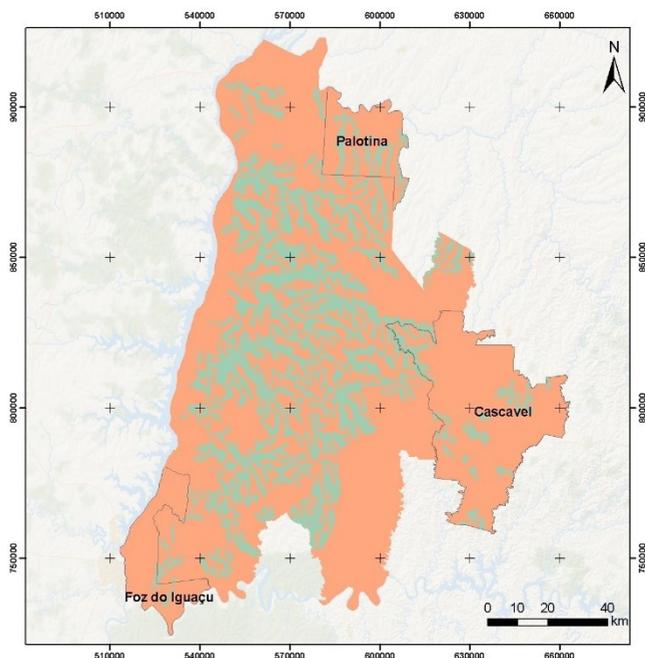


Figura 10. Mapa da área de estudo realçando as unidades de mapeamento de solos que apresentam como primeiro componente Nitossolos Vermelhos



Figura 11. Paisagem de Nitossolo Vermelho Eutroférico latossólico, A moderado, textura muito argilosa, relevo ondulado de terço médio de encosta com 11% de declividade. Uso atual: soja. Marechal Cândido Rondon, PR.



Tabela 15. Características gerais dos Nitossolos Vermelhos e de suas paisagens nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Característica ou atributo	Descrição
Relevo	suave ondulado, ondulado, forte ondulado
Cronologia e litologia	Mesozóico, rochas eruptivas básicas
Drenagem	bem drenado, moderadamente drenado
Vegetação primária	floresta subtropical perenifólia, floresta tropical perenifólia, floresta tropical subperenifólia
Uso atual (predominante)	plântio direto de milho e soja em sucessão, pastagens
Classe de 2º nível	Vermelho
Classe de 3º nível	Distoférrico, Eutroférrico
Classe de 4º nível	típico, chernossólico, latossólico
Tipo de horizonte A	moderado, proeminente
Textura	muito argilosa
Cores do horizonte Bt	bruno-avermelhado-escuro e vermelho-escuro (2,5YR e 10R)
Estrutura dos horizontes	horizonte A - moderada à forte pequena à média granular; horizonte Bt - forte prismática (blocos angulares e subangulares)
Cerosidade	forte e abundante e moderada e comum em Nitossolos latossólicos
Consistência seca	ligeiramente dura a dura no horizonte Bt, podendo ficar muito dura nos horizontes superficiais e no topo do horizonte B em função da compactação
Consistência úmida	friável a firme
Consistência molhada	muito plástica e muito pegajosa

Tabela 16. Valores médios de algumas características de materiais de solo de diferentes horizontes de Nitossolos Vermelhos com caráter férrico, municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina⁽¹⁾.

Atributo	Unidade	Nitossolo Vermelho			
		Distoférrico (n = 2)		Eutroférrico (n = 7)	
Horizonte		A/Ap	Bt	A/Ap	Bt
Profundidade	cm	0 - 18	32 - 107	0 - 21	43 - 68
Areia	dag kg ⁻¹	8	4	15	10
Silte	dag kg ⁻¹	29	16	32	15
Argila	dag kg ⁻¹	63	80	53	75
P assimilável	mg dm ⁻³	24,23	1,07	2,37	1,32
C orgânico	dag dm ⁻³	2,35	0,76	1,67	0,72
pH	-	5,50	5,10	6,09	5,90
Al	cmol _c dm ⁻³	0,69	1,59	0,05	0,35
H+Al	cmol _c dm ⁻³	7,59	7,50	3,51	3,43
Ca	cmol _c dm ⁻³	5,46	1,64	8,95	5,37
Mg	cmol _c dm ⁻³	2,22	0,71	2,36	2,45
K	cmol _c dm ⁻³	0,42	0,05	0,52	0,28
Soma de bases trocáveis	cmol _c dm ⁻³	8,11	2,41	11,89	8,12
Capacidade de troca catiônica	cmol _c dm ⁻³	15,70	9,91	15,41	11,55
Saturação por bases	%	52	26	76	70
Saturação por Al	%	12	40	1	5

⁽¹⁾ Amostras oriundas de campanhas de campo e Embrapa (1984).

Tabela 17. Valores de óxidos e relações calculadas a partir de extrações pelo ataque sulfúrico da terra fina seca ao ar do horizonte B textural (Bt) de Nitossolos Vermelhos com caráter férrico, municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina⁽¹⁾.

Atributo	Unidade	Local do perfil					
		Foz do Iguaçu	Marechal Cândido Rondon	Medianeira		Cascavel	Salto do Lontra
Profundidade	cm	19 - 64	30 - 50	47 - 80	50 - 85	70 - 90	34 - 65
SiO ₂	dag kg ⁻¹	26,7	20,1	24,20	29,9	25,2	20,7
Al ₂ O ₃	dag kg ⁻¹	23,2	18,0	21,20	28,2	17,5	20,9
Fe ₂ O ₃	dag kg ⁻¹	20,1	25,3	26,60	20,4	26,1	18,6
TiO ₂	mg dm ⁻³	2,41	-	3,74	1,99	3,76	3,48
P ₂ O ₅	dag dm ⁻³	-	0,16	0,22	0,16	-	-
Ki ⁽²⁾	-	1,95	1,89	1,94	1,80	2,44	1,68
Kr ⁽²⁾	-	1,26	1,00	1,08	1,23	1,25	1,07
Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	-	1,81	1,11	1,25	2,17	1,05	1,76

⁽¹⁾ Amostras oriundas de Embrapa (1984).

⁽²⁾ Ki = relação molecular SiO₂/Al₂O₃; Kr = relação molecular SiO₂/(Al₂O₃+Fe₂O₃).

Os Nitossolos componentes de unidades de mapeamento associados às paisagens de eruptivas da região são de coloração vermelha. Os Nitossolos Brunos podem ocorrer como inclusão apenas na unidade de mapeamento Nvef6, em altitudes por volta de 800-850 m, do município de Cascavel, quando começam a aparecer as características de clima úmido e ameno que favorecem o aparecimento dessa classe de solo na região serrana do Sul do Brasil (Oliveira et al., 1992).

A espessura do solum dos Nitossolos é variável, raramente inferior a 100 cm e muito comumente inferior a 200 cm. São mais estreitos quando intermediários para Cambissolos e Chernossolos (ou Luvisolos) e mais profundos quando intermediários para Latossolos, o que é comum na região. Esses intervalos de espessura e de grau de desenvolvimento dos Nitossolos estão associados à posição de paisagem e ao tipo de elevação e também se refletem na atividade da argila, que varia de baixa à média. Assim, a mineralogia da fração argila dos Nitossolos, embora com muitas semelhanças aos Latossolos com caráter férrico (grande quantidade de materiais oxídicos e caulinita e presenças de gibbsita e vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas) (Congresso..., 2001), para certas situações, deve apresentar materiais com maior atividade (argilas 2:1), mesmo que em quantidades pouco expressivas. Na área de estudo predominam Nitossolos do grande grupo (terceiro nível hierárquico) Eutroférrico (4.034,4 km² de terras como primeiro componente), ficando os Distrotroférricos com 121,3 km² (Tabela 6).

Distribuição dos solos na paisagem

Os NVs ocorrem em várias partes da região, desde altitudes de 200 m, no sudoeste da região, em paisagens com fundos de vale em “V”, até altitudes de de 850 m a 950 m, em relevo ondulado a forte ondulado de elevações de topos levemente arredondados, vertentes médias a curtas no município de Cascavel.

Potencial de uso agrícola

Depois dos Latossolos, são os solos de maior potencial para a agricultura de grãos na região. O manejo do solo, principalmente associado ao tráfego de máquinas, exige planejamento mais apurado, por razões intrínsecas do solo (estrutura em blocos com maior grau de desenvolvimento, o que incorre

necessariamente em menor velocidade de infiltração de água relativamente aos Latossolos) e por dominarem elevações com vertentes médias, mais curtas que as dos Latossolos (Bognola et al., 2011; Curcio et al., 2011; Gomes et al., 2011).

Os problemas com suscetibilidade à erosão são predominantemente moderados, podendo chegar ao grau forte, quando se juntam o relevo ondulado para forte ondulado, a grande quantidade do tráfego de máquinas de dois cultivos anuais e o poder erosivo das chuvas em toda a região, sendo essencial o uso de terraços, por vezes de base estreita ou mesmo terraços de base invertida.

A fertilidade dos Nitossolos é maior que a dos Latossolos (com e sem caráter férrico), refletindo maiores valores absolutos de bases trocáveis e de capacidade de troca catiônica.

Organossolo Háplico

Organossolo – solo constituído por material orgânico e que apresenta horizonte hístico, satisfazendo critérios detalhados por Santos et al. (2018).

Organossolo Háplico (OX) – Organossolos sem horizonte sulfúrico ou materiais sulfídricos dentro de 100 cm da superfície do solo e que estão saturados com água por mais de 30 dias consecutivos, por ano, durante o período chuvoso.

Aparecem apenas em uma unidade de mapeamento (OX), composta por apenas um polígono ao norte da área, possuindo muito baixa extensão territorial (9,8 km²) e, conseqüentemente, pouca importância na área de estudo (Figura 12).

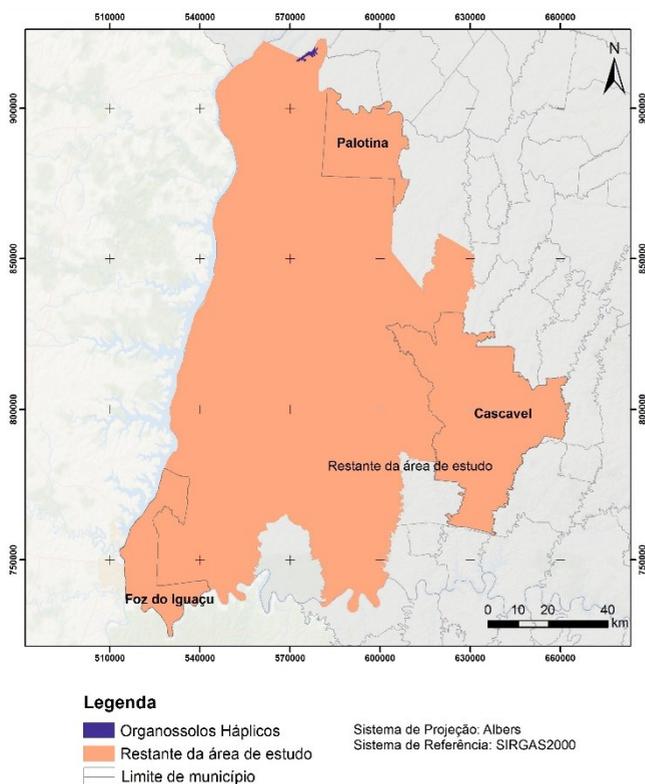


Figura 12. Mapa da área de estudo realçando a unidade de mapeamento de solos que apresenta como primeiro componente Organossolos Háplicos.

Considerações finais

Há uma grande quantidade de terras da região com elevado potencial agrícola, que aliam condições de solos e clima favoráveis. Isto encontra sua melhor representação nas partes planas à suave onduladas das elevações convexadas e dominadas por LVs, principalmente os com caráter férrico (eutróficos ou distróficos) e também naqueles que a influência do arenito é apenas parcial, gerando LVs sem caráter férrico, mas de textura argilosa. A área desses LVs é 5.200,6 km² ou 35% da área total de estudo.

Considere-se ainda o bom potencial dos Nitossolos. Quando presentes em paisagens de relevo suave ondulado (305,1 km² ou 2% da área de estudo) são plenamente aptos à agricultura mais industrial. Os Nitossolos de relevo ondulado ou mais declivosos vão ficando mais afeitos à pequena produção, aliando melhor fertilidade natural e paisagens com maior presença de corpos de água.

A região deve se preocupar com a recomposição de parte importante das florestas fluviais das elevações dominadas pela agricultura de grãos. Esse procedimento tem o intuito de permitir que essas paisagens consigam cumprir a integralidade de suas funções ambientais, aquelas voltadas para a proteção do meio abiótico (diminuir a perda de solo e de íons, diminuir o soterramento das baixadas, diminuir o assoreamento das drenagens) e as associadas à biodiversidade de flora e fauna.

Referências

- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos (ed.). **Mapa de solos Estado do Paraná**: legenda atualizada. Embrapa Solos: Rio de Janeiro: Embrapa Florestas, Colombo, 2008. 74 p.
- BOGNOLA, I. A.; CURCIO, G. R.; GOMES, J. B. V.; CAVIGLIONE, J. H.; UHLMANN, A.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A. P. **Levantamento semidetalhado de solos do município de Londrina**. Londrina: IAPAR, 2011. 100 p.
- CARMO, D. N.; RESENDE, M.; SILVA, T. C. A. Avaliação da aptidão das terras para eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 187-236.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Guia de excursão de estudos de solos no Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001. 38 p.
- CURCIO, G. R.; GOMES, J. B. V.; BOGNOLA, I. A.; CAVIGLIONE, J. H.; UHLMANN, A.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A. P. **Levantamento semidetalhado de solos do município de Cambé**. In: FARIAS, G. S. de. (ed.). **Levantamento semi-detalhado de solos e diagnóstico dos remanescentes florestais do município de Cambé - PR**. Londrina: IAPAR. 2011. p. 7-59.
- DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).
- EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do sudoeste do estado do Paraná**. Curitiba, 1974a. Mapa avulso.
- EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do oeste do estado do Paraná**. Curitiba, 1974b. Mapa avulso.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Londrina: EMBRAPA-SNLCS/IAPAR, 1984. 409 p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de pesquisa, 27; IAPAR. Boletim técnico, 16).
- GOMES, J. B. V.; BOGNOLA, I. A.; CURCIO, G. R.; CAVIGLIONE, J. H.; UHLMANN, A.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A. P. **Levantamento semi-detalhado de solos do município de Bela Vista do Paraíso - PR**. Londrina: IAPAR, 2011. 68 p.

- GOMES, J. B. V.; CURTI, N.; MOTTA, P. E. F.; KER, J. C.; MARQUES, J. J. G. S. M.; SCHULZE, D. G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 137-153, 2004.
- GOMES, J. B. V.; WREGE, M. S.; HOLLER, W. A.; BOGNOLA, I. A. Características gerais dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina. In: GOMES, J. B. V.; WREGE, M. S. (ed.). **Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina: estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 11-16.
- IBGE. **Resolução PR nº 01/2015 de 24 de fev. de 2015**. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf. Acesso em: 30 out. 2020.
- KER, J. C. **Mineralogia, sorção e desorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil**. 1995. 181 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.
- OLIVEIRA, L. B.; PAULA, J. L. Retenção e disponibilidade de água de latossolos do Sudeste e do Sul do Brasil. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., 1988, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, SBSCS, 1988. p. 303-363.
- RESENDE, M. **Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil**. 1976. 237 f. These (Ph. D) – Purdue University, West Lafayette.
- REYNOLDS, W. D.; DRURY, C. F.; YANG, X. M.; FOX, C. A.; TAN, C. S.; ZHANG, T. Q. Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. **Soil & Tillage and Research**, v. 96, p. 316-330, 2007.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa, MG: SBSCS, 2013. 100 p.
- VERDONCK, O.; PENNINGCK, R.; BOODT, M. The physical properties of different horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, v. 150, p. 155-160, 1983.

4

Aptidão das terras para o cultivo de eucalipto metodologia e aplicação nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina¹

*João Bosco Vasconcellos Gomes
Marcos da Silva Wrege
Itamar Antonio Bognola
Wilson Anderson Holler
Antonio Francisco Jurado Bellote
Paulo Eduardo Telles dos Santos
Guilherme de Castro Andrade
Márcia Toffani Simão Soares
Shizuo Maeda
Edilson Batista Oliveira*

¹ Arquivo do mapa de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218094/1/Bioeste-A1-BP3-Palotina-Aptidao.pdf>>

Introdução

Os municípios formadores da Bacia do Paraná 3 (BP3), mais o município de Palotina, totalizam 14.696,85 km² e correspondem à região de atuação do projeto Bioeste Florestas, uma parceria Embrapa - Itaipu Binacional – CIBiogás, que tem como foco principal a cadeia produtiva de biomassa florestal (eucalipto) nessa região. Algumas ações envolvendo ensaios de práticas silviculturais extrapolam os limites físicos desses municípios, com parcelas experimentais instaladas em terras limítrofes a esse perímetro, no esforço de realizar testes em condições ambientais de solos e clima que abrangem a diversidade regional.

Predominam na região terras de ótimo potencial para o cultivo de grãos (Zanão; Medeiros, 2015), aspecto que é conhecido e aproveitado por empresas agrícolas, cooperativas e produtores locais. Entretanto, a própria cadeia produtiva de grãos e as cadeias associadas (produção de suínos e aves e diversos tipos de agroindústrias) necessitam, em diferentes momentos, da energia advinda da biomassa florestal. Secagem de grãos e aquecimento de caldeiras e granjas são demandas constantes, sendo as cooperativas, seus cooperados e as agroindústrias da região os grandes consumidores dessa biomassa.

A cadeia produtiva de biomassa florestal na região, embora importante, sofre os reverses da ausência de planejamento. Períodos de excesso e carência da oferta dessa biomassa se mesclam ao longo do tempo, gerando insegurança para todos os participantes do processo (produtores e consumidores), lembrando que os custos de frete rodoviário tendem a inviabilizar o transporte à medida que a distância aumenta entre os locais de produção e de consumo da biomassa para a produção de energia. Espacializar o potencial das terras da região para o cultivo do eucalipto é um dos pré-requisitos para se alcançar um estudo de logística geoespacial da cadeia produtiva de biomassa florestal na região.

Interpretações de mapeamentos de solos que procuram definir o potencial de uso agrícola das terras de determinada área, sempre complementados por informações climáticas, são muito comuns. Essas metodologias utilizam classificações técnicas tradicionais ou, por vezes, criam seus próprios parâmetros. A classificação mais utilizada no Brasil é o sistema conhecido como FAO/Brasileiro de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, cujos critérios metodológicos foram estabelecidos por Bennema e Camargo (1964), sendo posteriormente atualizados (Ramalho; Beek, 1995). Para estudos mais detalhados e áreas mais pontuais também é bastante utilizado o Sistema de Capacidade de Uso das Terras (Lepsch et al., 1991).

O número de trabalhos com metodologias de aptidão das terras específicas para o cultivo florestal vem aumentando ao longo do tempo (Gomes et al., 2005, 2016; Costa et al., 2009; Carvalho et al., 2013) e são reflexo da valorização que o uso das informações de solos e clima apresenta nas ações de planejamento de plantio e no operacional da silvicultura. O potencial de uso das terras, quando realizado para um tipo de cultivo específico, no caso o eucalipto, deve levar em consideração exigências ecofisiológicas do material genético, seja espécie, cultivar ou clone, que necessariamente trazem para os polígonos do mapa de solos qualificações advindas de um zoneamento climático. Isso é mais importante quanto maior a área de abrangência do estudo, tornando mais comuns variações climáticas entre polígonos de solos mais distantes.

Plantios florestais, de forma geral, suportam terras com restrições bem mais fortes que aquelas requeridas para o plantio de grãos e outros cultivos de espécies anuais. Os solos florestais podem ser, até certo

ponto, declivosos, ácidos, rochosos, esqueléticos e até mesmo de difícil acesso (Miller; Donahue, 1992). O baixo número de intervenções ao longo do ciclo, o tamanho do ciclo (aproximadamente sete anos) e a flexibilidade do momento de colheita, entre outros aspectos, ajudam a explicar porque uma interpretação para fins de cultivo florestal, mais do que desqualificar, deve informar mediante suas classes de aptidão o gradiente de risco que um polígono de terras representa para a atividade.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto, considerando particularidades de oferta ambiental e de sistemas de produção regionais e utilizando essa metodologia para interpretar informações básicas de solos e clima já existentes (Bognola et al., 2020; Wrege et al., 2020), gerando o mapa de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da BP3 e Palotina. A escala de trabalho utilizada, 1:250.000, condiz com uma precisão de distinção ambiental coerente com o planejamento regional. Características gerais da região são apresentadas por Gomes et al. (2020).

Metodologia

Sistema de manejo para o cultivo de eucalipto na região

O cultivo de eucalipto na região apresenta um conjunto de intervenções que caracterizam, de forma mais ampla, um nível tecnológico desenvolvido para moderado. Dependendo da escala do plantio, do tipo de produtor (empresa, cooperativa, pequeno proprietário etc.) e do tipo de solo e paisagem, esse nível tecnológico pode ser alterado, importando em maior ou menor aplicação de capital no uso dos insumos envolvidos na silvicultura do eucalipto. A maioria absoluta dos plantios tem finalidade energética e é de responsabilidade das próprias empresas e cooperativas que demandam essa biomassa para energia. Os maciços não são muito extensos, com áreas contíguas de plantio podendo alcançar, no máximo, algumas centenas de hectares, sendo que estes constituem exceções. Pequenos talhões, menores até que 1 ha, podem ser vistos em áreas de menor potencial, geralmente em solos mais rasos e não mecanizáveis de pequenos produtores. Dessa forma, o nível tecnológico predominante envolve uma boa dose de insumos, mas não é comparável às áreas de tradição florestal, que apresentam quantitativos das suas áreas de plantio de eucalipto que ultrapassam muito o total da região oeste do Paraná.

As características apresentadas a seguir dizem respeito às áreas de reforma, que são mais comuns e também de manejo mais complexo. O acréscimo de novas áreas, geralmente substituindo cultivos anuais ou pastagens, ocorre bem mais raramente. Diversas variações podem ocorrer, mas o descrito fornece uma boa ideia do processo predominante de cultivo do eucalipto na região:

- Limpeza da área: coleta de galhos grossos com potencial para a produção de cavaco, que se desprenderam durante o arraste das árvores. É comum a passagem de grade de disco para quebrar um pouco o acúmulo de galhos finos deixados no campo.
- Controle de mato-competição antes do plantio: herbicida sistêmico dessecante e pré-emergente.
- Calagem: até 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico.

- Preparo do solo e adubação de plantio: subsolagem e adubação fosfatada em uma mesma operação realizada com trator de pneus. Resíduos orgânicos podem também ser utilizados, provenientes de granjas e podem ser líquidos ou secos, espalhados por tanques ou espalhadores de calcário.
- Principais materiais plantados: clone AEC 144 (ou I-144) é o predominante, vindo a seguir os clones H-13, Super clone (1528), GG-100 e outros. Parte dos plantios com material seminal.
- Espaçamento de plantio: a tendência atual é de 3 m x 2 m. As áreas de reforma perpetuam espaçamentos um pouco menores, em função dos tocos remanescentes dos plantios anteriores, que dificultam novos espaçamentos.
- Plantio das mudas no campo: manual com uso de matraca (plantadeira de mudas em tubetes). Procura-se evitar os meses de maior estiagem (junho e julho) e também os meses muito quentes com chance de ocorrência de veranicos (dezembro, janeiro e fevereiro). Sítios da região com maior probabilidade de geadas também influenciam as épocas de plantio.
- Replantio: realizado quando o percentual de falhas ultrapassa 5% ou as falhas se concentram em uma determinada faixa do talhão.
- Controle de mato-competição após o plantio: aplicação de herbicida pós-emergente 30 dias após o plantio. Até aproximadamente 2-3 anos de idade do plantio, capinas mecânicas com o foco nas plantas prejudiciais ao desenvolvimento do eucalipto.
- Controle de formigas: antes e após o plantio, pela aplicação de iscas.
- Adubação de cobertura: aproximadamente quatro meses após o plantio, sobre o solo e circulando a muda ou ao lado da muda, por matraca tradicional.
- Controle de pragas e doenças: tratamentos pontuais, quando necessário.
- Colheita: cabeçote feller de tesoura acoplada a uma máquina pá carregadeira, fazendo o empilhamento de até sete árvores para, depois, um mini-skidder arrastar o material até local de embarque ou de picador móvel para a produção de cavacos. Uso de motosserra para o corte de árvores em locais com dificuldades para o tráfego de máquinas de colheita.
- Idade do plantio para colheita (corte raso): preferencialmente aos sete anos de idade, variando para mais ou para menos, conforme a necessidade.

Sítios com solos muito rasos, pedregosos, rochosos e declivosos alteram muito esse sistema de manejo em vários momentos, como nas práticas de preparo do solo, adubação e colheita.

Classes de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto

Cada classe de aptidão das terras deve, idealmente, agrupar as faixas de terra (unidades de mapeamento de solos com uma determinada oferta climática) que exijam práticas de manejo similares e que tenham expectativas de produtividade do eucalipto também similares, buscando sempre um melhor custo/benefício para o empreendimento como um todo.

Cada polígono do mapa de solos (Bognola et al., 2020) foi associado a uma base de dados, que permitiu a definição dos graus de limitação das terras para o cultivo do eucalipto. Essa base de dados possui os

atributos de cada unidade de mapeamento de solos, incluindo a qualificação da retenção de água dessas unidades que, mesclado com atributos de clima, permitiu a geração do balanço hídrico dos diferentes polígonos do mapa de solos.

Graus de limitação exclusivamente pedológicos

Os graus de limitação deficiência de nutrientes/fertilidade (ΔN), deficiência de oxigênio/excesso de água (ΔO), suscetibilidade à erosão (ΔE) e impedimentos ao manejo (ΔM) (Tabelas 1, 2, 3 e 4) apresentam regras que utilizam atributos e fases disponíveis na legenda do mapa de solos, para cada uma das unidades de mapeamento existentes, incluindo atributos de terreno (relevo).

Na definição do ΔN do universo de estudo (Tabela 1), a maior diferença se relaciona com a maior quantidade de nutrientes como elementos traço nas rochas eruptivas básicas (Resende et al., 2019) relativamente ao arenito. Isso é particularmente importante em um cultivo florestal, no caso com um ciclo aproximado de sete anos. Além disso, os solos desenvolvidos a partir das rochas eruptivas básicas possuem variações de saturação de bases, ocorrendo solos eutróficos e distróficos, e de atividade da fração argila (da sua capacidade de troca catiônica) que se relaciona, em boa parte, com o grau de desenvolvimento dos solos de cada local.

Tabela 1. Definição do grau de limitação por deficiência de nutrientes (fertilidade) - ΔN .

Grau de limitação ⁽¹⁾	Classe de solo	Substrato	Saturação por bases e alumínio	Textura do solo
Moderado	Gleissolo - Organossolo - Argissolo	Sedimentos	-	-
Moderado/forte 1	Neossolo	Rocha básica	Eutrófico	Argilosa - muito argilosa
Moderado/forte 2	Latossolo - Nitossolo	Rocha básica	Eutrófico	Muito argilosa
Forte 1	Latossolo	Rocha básica - arenito	Eutrófico	Argilosa - média/ argilosa
Forte 2	Latossolo - Nitossolo	rocha básica	Distrófico	Muito argilosa
Forte/muito forte	Latossolo - Argissolo	Arenito	Eutrófico	Média - arenosa/média
Muito forte	Latossolo - Argissolo	Arenito	Distrófico	Média - arenosa/média

⁽¹⁾ Os graus de limitação foram definidos pelo universo existente nas unidades de mapeamento de solos.

Fonte: Bognola et al. (2020).

Tabela 2. Definição do grau de limitação por excesso de água/deficiência de oxigênio - ΔO .

Grau de limitação ⁽¹⁾	Drenagem	Classe de solo	Relevo (mais suave)
Nulo	Fortemente - bem	Latossolo - Nitossolo - Argissolo	Plano
Nulo/Ligeiro 1	Bem - moderadamente	Nitossolo - Argissolo	Plano
Nulo/Ligeiro 2	Bem - moderadamente	Neossolo	Suave ondulado
Muito Forte	Mal – muito mal	Gleissolo - Organossolo	Plano

⁽¹⁾ Os graus de limitação foram definidos pelo universo existente nas unidades de mapeamento de solos.

Fonte: Bognola et al. (2020).

Tabela 3. Definição do grau de limitação por suscetibilidade à erosão - ΔE .

Grau de limitação ⁽¹⁾	Relevo mais crítico	Classe de solo	Textura
Nulo 1	Suave ondulado	Organossolo - Gleissolo	-
Nulo 2	Plano	Latossolo - Nitossolo	Argilosa - muito argilosa
Ligeiro	Suave ondulado	Latossolo - Nitossolo	Argilosa - muito argilosa
Ligeiro/moderado	Suave ondulado	Latossolo - Argissolo	Média/argilosa - média - arenosa/média
Moderado	Ondulado	Nitossolo	Muito argilosa
Moderado/forte 1	Ondulado	Argissolo	Arenosa/média
Moderado/forte 2	Ondulado	Latossolo - Nitossolo	Muito argilosa
Forte	Forte ondulado	Nitossolo	Muito argilosa
Forte/Muito forte	Forte ondulado	Neossolo	Argilosa - muito argilosa

⁽¹⁾ Os graus de limitação foram definidos pelo universo existente nas unidades de mapeamento de solos.

Fonte: Bognola et al. (2020).

Tabela 4. Definição do grau de limitação por impedimentos ao manejo - ΔM .

Grau de limitação ⁽¹⁾	Relevo	Drenagem	Pedregosidade/ rochiosidade	Textura	Classe de solo
Nulo	Plano, suave ondulado	Extremamente a bem drenado	Ausente	Arenosa - média	Latossolo - Argissolo
Nulo/ligeiro	Plano, suave ondulado	Extremamente a bem drenado	Ausente	Argilosa	Latossolo - Argissolo
Ligeiro 1	Plano, suave ondulado	Bem a moderadamente drenado	Ausente	Arenosa - média - argilosa	Argissolo
Ligeiro 2	Plano, suave ondulado	Extremamente a moderadamente drenado	Ausente	Muito argilosa	Latossolo - Nitossolo
Moderado	Ondulado	Extremamente a moderadamente drenado	Ausente	Arenosa - média	Latossolo - Argissolo
Moderado/forte	Ondulado	Extremamente a moderadamente drenado	Ausente	Argilosa - muito argilosa	Latossolo - Nitossolo
Forte	Forte ondulado	Extremamente a moderadamente drenado	Ausente	Argilosa - muito argilosa	Latossolo - Nitossolo
Forte/muito forte	Forte ondulado, montanhoso	Extremamente a moderadamente drenado	Presente	Média - argilosa - muito argilosa	Neossolo Litólico - Neossolo Regolítico
Muito forte	Plano - suave ondulado	Mal a muito mal drenado	Ausente	-	Gleissolo - Organossolo

⁽¹⁾ Os graus de limitação foram definidos pelo universo existente nas unidades de mapeamento de solos.

Fonte: Bognola et al. (2020).

Graus de limitação sob influência de atributos climáticos

A base de dados e procedimentos de mapeamento climáticos foram descritas por Wrege et al. (2020).

Risco de ocorrência de geada (ΔG)

O risco de geada (ΔG), que é um grau de limitação exclusivamente climático, de cada polígono do mapa de solos se originou do ΔG da estação meteorológica com maior influência nas terras desse

mesmo polígono. Para isso, utilizou-se da geração de polígonos de Thiessen, também conhecidos como diagramas de Voronoi, que estabeleceram a área de influência máxima de cada estação meteorológica nas terras de cada polígono do mapa de solos. A Tabela 5 define as classes de ΔG de cada polígono do mapa de solos.

Tabela 5. Definição do grau de limitação por risco de geada - ΔG .

Grau de limitação ⁽¹⁾	Risco de geada
	%
Muito baixo	< 10
Baixo	≥ 10 e < 20
Moderado	≥ 20 e < 40
Alto	> 40

⁽¹⁾ As classes existentes referem-se a cada polígono do mapa de solos, independente da unidade de mapeamento de solos que ocorre no polígono.

O risco de geadas é o fator condicionante de maior impacto nas quebras de safras na região Sul do País. A geada chega a causar a mortalidade de plantas no campo. Potencializam essa ação deletéria nos anos mais frios, áreas de baixadas, terrenos voltados para a face sul e áreas expostas a corredores de ventos frios.

Deficiência de água (ΔH)

A deficiência de água (ΔH) é o grau de limitação de construção mais complexa, integrando o valor representativo da classe de capacidade de retenção de água até 2 m de profundidade (Tabela 6) das unidades de mapeamento de solos (Bognola et al., 2020) e os valores médios de temperatura, precipitação pluvial e, por conseguinte, evapotranspiração potencial de todos os decêndios ao longo do ano, em cada estação meteorológica (Wrege et al., 2020). Essa interação permitiu a construção de uma base de dados e o cálculo do balanço hídrico para todas as situações possíveis do universo estudado, considerando o déficit hídrico acumulado anual (disponível para dois períodos de crescimento, período de maior crescimento - setembro a abril - e período de menor crescimento - maio a agosto). Posteriormente, mediante a geração de polígonos de Thiessen, já utilizados para a definição do ΔG , estabeleceu-se a área de influência máxima de cada estação meteorológica, nas terras de cada polígono do mapa de solos. Nesse momento, foi possível definir os campos de déficit hídrico acumulado para cada polígono, com os resultados do balanço hídrico da estação associada a cada polígono e utilizando o valor de capacidade de água disponível (CAD), diferença entre a água armazenada nas tensões associadas à capacidade de campo e ao ponto de murchamento, representativa da unidade de mapeamento de solos a que pertence esse mesmo polígono, nos cálculos desses resultados. Os valores de déficit hídrico anual encontrados foram relativizados pelo menor valor de ocorrência do atributo entre todos os polígonos. De posse do valor de déficit hídrico anual relativizado de cada polígono do mapa de solos, definiu-se o ΔH conforme as classes da Tabela 7. Assim, para cada decêndio foi calculado o déficit hídrico acumulado (em mm) para os valores de CAD 15 mm, 70 mm, 100 mm, 150 mm e 180 mm, que são representativos das classes que ocorrem nas diferentes unidades de mapeamento de solos (Tabela 6). Todo o caminhar de cálculo e estimativas do balanço hídrico foram descritos por Wrege et al. (2020).

Tabela 6. Classes de capacidade de água disponível no solo até a profundidade de 2 m.

Classe	Limites de água disponível no solo até a profundidade de 2 m		
	Limite inferior	Limite superior	Valor representativo da classe
 mm		
Muito baixa	-	< 25,5	15
Baixa	25,5	< 100,5	70
Moderada	100,5	< 135,5	100
Suficiente	135,5	< 172,5	150
Ideal	172,5	-	180

Fonte: Bognola et al. (2020).

Tabela 7. Definição do grau de limitação por deficiência de água - ΔH .

Grau de limitação ⁽¹⁾	Déficit hídrico anual relativizado pelo menor valor encontrado para a região de estudo
Nulo	$\leq 3,6$
Nulo/ligeiro	$> 3,6$ e $\leq 4,2$
Ligeiro	$> 4,2$ e $\leq 6,5$
Moderado	$> 6,5$ e $\leq 8,5$
Forte	$> 8,5$

⁽¹⁾ As classes existentes referem-se a cada polígono do mapa de solos, independente da unidade de mapeamento de solos que ocorre no polígono.

Viabilidade de melhoramento dos graus de limitação

As Tabelas 8 e 9 apresentam a viabilidade de melhoramento dos graus de limitação ΔN e ΔM .

Tabela 8. Viabilidade de melhoramento dos desvios por deficiência de nutrientes (fertilidade) (ΔN).

ΔN antes do melhoramento	Classe de solo	Textura	Relevo mais forte da unidade	ΔN após o melhoramento
Moderado	Gleissolo, Organossolo, Argissolo	-	Suave ondulado	Nulo/ligeiro ⁽¹⁾
Moderado/forte	Neossolo Regolítico, Neossolo Litólico	Média, argilosa, muito argilosa	Montanhoso	Ligeiro ⁽²⁾
Moderado/forte	Latossolo, Nitossolo	Argilosa, muito argilosa	Suave ondulado	Nulo _b
Moderado/forte	Latossolo, Nitossolo	Argilosa, muito argilosa	Ondulado	Nulo/ligeiro _b
Moderado/forte	Latossolo, Nitossolo	Argilosa, muito argilosa	Forte ondulado	Ligeiro _b
Forte	Latossolo	Média, argilosa	Suave ondulado	Nulo/ligeiro _b
Forte	Latossolo, Nitossolo	Argilosa, muito argilosa	Suave ondulado	Nulo/ligeiro _b
Forte	Latossolo, Nitossolo	Argilosa, muito argilosa	Ondulado	Ligeiro _b
Forte	Latossolo, Nitossolo	Argilosa, muito argilosa	Forte ondulado	Ligeiro/moderado _b
Forte/muito forte	Latossolo, Argissolo	Arenosa/média, média	Suave ondulado	Ligeiro _b
Forte/muito forte	Latossolo, Argissolo	Arenosa/média, média	Ondulado	Ligeiro/moderado _b
Forte/muito forte	Latossolo, Argissolo	Arenosa/média, média	Forte ondulado	Moderado _b
Muito forte	Latossolo, Argissolo	Arenosa/média, média	Suave ondulado	Ligeiro _b
Muito forte	Latossolo, Argissolo	Arenosa/média, média	Ondulado	Ligeiro/moderado _b
Forte/muito forte	Latossolo, Argissolo	Arenosa/média, média	Forte ondulado	Moderado _b

⁽¹⁾ a - classe de melhoramento viável com práticas (adubações) simples e de médio custo.

⁽²⁾ b - classe de melhoramento viável com práticas (adubações) intensivas e de custo considerável.

Tabela 9. Viabilidade de melhoramento dos desvios por impedimentos ao manejo (ΔM).

ΔM antes do melhoramento	ΔM após o melhoramento
Nulo	Nulo ⁽¹⁾
Nulo/ligeiro	Nulo _b ⁽²⁾
Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
Moderado	Nulo/ligeiro _b
Moderado/forte	Ligeiro _b
Forte	Moderado _b
Forte/muito forte	Forte _b
Muito Forte	Forte/muito forte _b

⁽¹⁾ a - classe de melhoramento viável com práticas simples e de pequeno custo (subsolação pouco profunda).

⁽²⁾ b - classe de melhoramento viável com práticas intensivas e de custo considerável (além da subsolação, pode envolver retirada de pedregosidade/rochosidade e confecção de drenos de pequeno porte).

Classes e subclasses de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto

As regras que definem a classe de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto são apresentadas no quadro guia da Tabela 10, considerando o sistema de manejo e os graus de limitação descritos anteriormente.

Tabela 10. Guia da classificação das classes de aptidão das terras para cultivo de eucalipto no sistema de manejo com nível tecnológico empresarial regional. O grau de limitação colocado é o mais restritivo que cada fator pode alcançar para determinada classe de aptidão.

$\Delta N^{(1)}$ com melhoramento	$\Delta O^{(1)}$	$\Delta E^{(1)}$	$\Delta M^{(1)}$ com melhoramento	$\Delta H^{(1)}$	$\Delta G^{(1)}$	Classe de aptidão	
						Nome	Símbolo
Ligeiro _b	Ligeiro	Ligeiro/ moderado	Nulo/ligeiro _b	Nulo/ ligeiro	Baixo	Apta Superior	AS
Ligeiro/ moderado _b	-	Moderado	Ligeiro _b	Ligeiro	Moderado	Apta Inferior	AI
-	-	Moderado/ forte	Moderado _b	Moderado	Alto	Regular Superior	RS
-	-	Forte	-	-	-	Regular Inferior	RI
-	-	Muito forte	Forte _b e solum > 50 cm ou material da rocha fragmentário	Forte	-	Marginal	MA
-	Muito forte	-	Forte _b e solum < 50 cm ou presença de lage contínua em profundidade < 75 cm	-	-	Inapta	IN

⁽¹⁾ ΔN – deficiência de nutrientes, ΔO – deficiência de oxigênio, ΔE – suscetibilidade à erosão, ΔM – impedimentos ao manejo, ΔH – deficiência de água e ΔG – risco de geada.

A Tabela 11 e a Figura 1 mostram a simbologia utilizada para apresentar as subclasses de cada faixa de terra.

Tabela 11. Código dos fatores limitantes que acompanham os símbolos das subclasses de aptidão das terras para cultivo de eucalipto, no sistema de manejo com nível tecnológico empresarial regional.

Fator de limitação	Grau do fator de limitação	Símbolo
Deficiência de nutrientes (ΔN)	Ligeiro/moderado	f
Deficiência de água (ΔH)	Ligeiro/moderado	h
Deficiência de oxigênio (ΔO)	Muito forte	o
Risco de geada (ΔG)	Moderado/alto	g
Textura	Arenosa/média	a/m
	Média	m
	Argilosa	r
	Muito argilosa	rr
	Indiscriminada	i
Classe de relevo	Plano a suave ondulado	p
	Suave ondulado a ondulado	s
	Ondulado a forte ondulado	o
	Forte ondulado a montanhoso	f
Profundidade do solum (cm)	<100	(<)

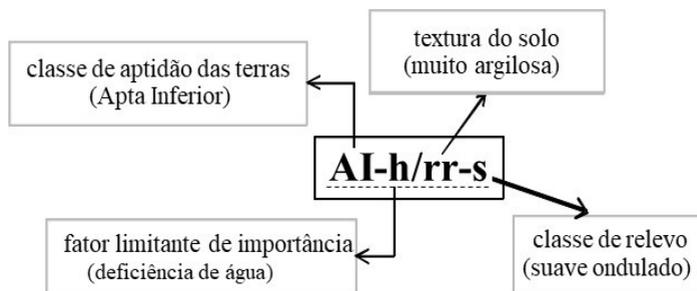


Figura 1. Exemplo do símbolo das subclasses de aptidão das terras para cultivo de eucalipto. Duas primeiras letras maiúsculas = classe de aptidão das terras; letras minúsculas antes da barra de fração = fatores de limitação de importância da faixa de terra; primeira letra minúscula após da barra de fração = classe de textura do solo; segunda letra minúscula após da barra de fração = classe de relevo da faixa de terra; se a profundidade efetiva do solo < 100 cm, aparece por último “(<)”. A simbologia dos fatores limitantes suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização não aparece, sendo inferida pelos atributos relevo, textura e profundidade do solum. Se o símbolo da subclasse aparece com sublinhado cheio ou tracejado, existem nas terras do polígono, respectivamente, faixas de terras com aptidão superior e inferior a classe preponderante.

Classes de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina

A Tabela 12 apresenta os graus dos fatores de limitação exclusivamente pedológicos (ΔN , ΔO , ΔE e ΔM) para todos os componentes das unidades de mapeamento de solos constantes em Bognola et al. (2020). Os fatores de limitação ΔH e ΔG , por possuírem influência de aspectos climáticos, variam entre os polígonos de uma mesma unidade de mapeamento de solos. A Tabela 13 apresenta as subclasses de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto que ocorrem no universo do estudo, com os quantitativos de área (em km²).

Tabela 12. Graus de limitação exclusivamente pedológicos dos componentes das unidades de mapeamento de solos dos municípios da BP3 e Palotina.

Código legenda	Símbolo classe componente ⁽¹⁾	Deficiência de nutrientes (ΔN com melhoramento)	Deficiência de oxigênio (ΔO)	Suscetibilidade à erosão (ΔE)	Impedimento à mecanização (ΔM com melhoramento)
PVd	PVd	Ligeiro/moderado _b	Nulo	Moderado/forte1	Nulo/ligeiro _b
PVe1	PVe	Ligeiro _b	Nulo	Ligeiro/moderado	Nulo _a
PVe2	PVe	Ligeiro/moderado _b	Nulo/ligeiro1	Moderado/forte1	Nulo/ligeiro _b
GX1	GX	Nulo/ligeiro _a	Muito forte	Nulo1	Forte/muito forte _b
GX2	GX	Nulo/ligeiro _a	Muito forte	Nulo1	Forte/muito forte _b
GX2	PVe	Nulo/ligeiro _a	Nulo/ligeiro1	Ligeiro/moderado	Nulo/ligeiro _b
LVdf1	LVdf	Nulo/ligeiro _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
LVdf2	LVdf	Ligeiro _b	Nulo	Moderado/forte2	Ligeiro _b
LVdf3	LVdf	Nulo/ligeiro _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
LVdf4	LVdf	Nulo/ligeiro _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
LVdf4	NVdf	Ligeiro _b	Nulo/ligeiro1	Moderado/forte2	Ligeiro _b
LVdf5	LVdf	Ligeiro _b	Nulo	Moderado/forte2	Ligeiro _b
LVd	LVd	Ligeiro _b	Nulo	Ligeiro/moderado	Nulo _a
LVEf1	LVEf	Nulo _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
LVEf2	LVEf	Nulo _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
LVEf2	NVEf	Nulo/ligeiro _b	Nulo/ligeiro1	Moderado	Ligeiro _b
LVE1	LVE	Nulo/ligeiro _b	Nulo	Ligeiro	Nulo _b
LVE2	LVE	Ligeiro _b	Nulo	Ligeiro/moderado	Nulo _a
RRe	RRe	Ligeiro _a	Nulo/ligeiro2	Forte/muito forte	Forte _b + solum > 50cm
RRe	RLm	Ligeiro _a	Nulo/ligeiro2	Forte/muito forte	Forte _b + solum < 50cm
RRe	NVEf	Ligeiro _b	Nulo/ligeiro1	Forte	Moderado _b
NVdf1	NVdf	Ligeiro _b	Nulo/ligeiro1	Moderado/forte2	Ligeiro _b
NVdf2	NVdf	Ligeiro _b	Nulo/ligeiro1	Moderado/Forte2	Ligeiro _b
NVdf2	LVdf	Nulo/ligeiro _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
NVdf3	NVdf	Ligeiro _b	Nulo/ligeiro1	Moderado	Ligeiro _b
NVEf1	NVEf	Nulo _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
NVEf2	NVEf	Nulo/ligeiro _b	Nulo/ligeiro1	Moderado/forte2	Ligeiro _b
NVEf3	NVEf	Nulo/ligeiro _b	Nulo/ligeiro1	Moderado	Ligeiro _b
NVEf4	NVEf	Nulo/ligeiro _b	Nulo/ligeiro1	Moderado/forte2	Ligeiro _b
NVEf5	NVEf	Nulo/ligeiro _b	Nulo/ligeiro1	Moderado/forte2	Ligeiro _b
NVEf5	GX	Nulo/ligeiro _a	Muito forte	Nulo1	Forte/muito forte _b
NVEf6	NVEf	Ligeiro _b	Nulo/ligeiro1	Forte	Moderado _b
OX	OX	Nulo/ligeiro _a	Muito forte	Nulo1	Forte/muito forte _b

¹ Classes do 1º e 2º nível hierárquico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS): PV – Argissolo Vermelho, GX – Gleissolo Háptico, LV – Latossolo Vermelho, RL – Neossolo Litólico, RR – Neossolo Regolítico, NV – Nitossolo Vermelho, OX – Organossolo Háptico. Classe do 3º nível hierárquico do SiBCS: d – Distrófico, e – Eutrófico, df – Distroférico, ef – Eutroférico, m – Chernossólico.

Tabela 13. Símbolo, descrição e área (km²) das subclasses de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da BP3 e Palotina.

Símbolo ⁽¹⁾	Descrição	Unidade de mapeamento	Área
AS/r-s	Classe de aptidão apta superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula/ligeira, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão ligeira, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo, deficiência de água nula/ligeira e risco de geada muito baixo a baixo, textura argilosa, relevo suave ondulado, solum mais espesso que 100 cm	LVe1	30,9
AS/rr-s	Classe de aptidão apta superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula a nula/ligeira, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão ligeira, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo/ligeiro, deficiência de água nula a nula/ligeira e risco de geada muito baixo a baixo, textura muito argilosa, relevo suave ondulado (algum relevo ondulado), solum mais espesso que 100 cm	LVdf3, LVe1, LVe2, NVe1	2.152,0
AI h/a/m-s	Classe de aptidão apta inferior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão ligeira/moderada, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo, deficiência de água ligeira e risco de geada muito baixo a baixo, textura arenosa/média, relevo suave ondulado, solum mais espesso que 100 cm	PVe1	64,2
AI h/m-s	Classe de aptidão apta inferior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão ligeira/moderada, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo, deficiência de água ligeira e risco de geada baixo, textura média, relevo suave ondulado, solum mais espesso que 100 cm	LVd, LVe2	229,0
AI g/rr-s	Classe de aptidão apta inferior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula a nula/ligeira, deficiência de oxigênio nula a nula/ligeira, suscetibilidade à erosão ligeira a moderada, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo/ligeiro a ligeiro, deficiência de água nula e risco de geada moderado, textura muito argilosa, relevo suave ondulado (algum relevo ondulado), solum mais espesso que 100 cm	LVdf1, LVdf3, LVdf4, LVe1, LVe2, NVe1, NVe3	2.535,3
RS fh/a/m-s	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira/moderada, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo/ligeiro, deficiência de água ligeira e risco de geada muito baixo, textura arenosa/média, relevo suave ondulado a ondulado, solum mais espesso que 100 cm	PVd	15,4
RS H/a/m-s	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão ligeira/moderada, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo, deficiência de água moderada e risco de geada baixo, textura arenosa/média, relevo suave ondulado, solum mais espesso que 100 cm	PVe1	35,2

Continua...

Tabela 13. Continuação...

Símbolo ⁽¹⁾	Descrição	Unidade de mapeamento	Área
RS H/m-s	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão ligeira/moderada, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo, deficiência de água moderada e risco de geada baixo, textura média, relevo suave ondulado, solum mais espesso que 100 cm	LVd, LVe2	67,5
RS G/rr-s	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula a ligeira, deficiência de oxigênio nula a nula/ligeira, suscetibilidade à erosão ligeira a moderada, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo/ligeiro a ligeiro, deficiência de água nula e risco de geada alto, textura muito argilosa, relevo suave ondulado a ondulado, solum mais espesso que 100 cm	LVdf1, LVdf3, LVdf4, LVef1, NVdf3	787,5
RS fh/a/m-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira/moderada, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo/ligeiro, deficiência de água ligeira e risco de geada muito baixo a baixo, textura arenosa/média, relevo ondulado, solum mais espesso que 100 cm	PVe2	48,5
RS /rr-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula/ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) ligeiro, deficiência de água nula e risco de geada muito baixo a baixo, textura muito argilosa, relevo ondulado, solum mais espesso que 100 cm	NVef4	1.402,8
RS/rr-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula/ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) ligeiro, deficiência de água nula e risco de geada muito baixo a baixo, textura muito argilosa, relevo ondulado, solum mais espesso que 100 cm . Existem terras com aptidão inferior à classe preponderante	NVef4	14,4
RS g/rr-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nulo/ligeira a ligeira, deficiência de oxigênio nula a nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) ligeiro, deficiência de água nula a nula/ligeira e risco de geada moderado, textura muito argilosa, relevo ondulado, solum mais espesso que 100 cm	LVdf2, LVdf5, NVdf1, NVef2, NVef4	2.197,0
RS_g/rr-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nulo/ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) ligeiro, deficiência de água nula e risco de geada moderado, textura muito argilosa, relevo ondulado, solum mais espesso que 100 cm . Existem terras com aptidão inferior (Classe Inapta por má drenagem do solo) à classe preponderante	NVef5	14,9

Continua...

Tabela 13. Continuação...

Símbolo ⁽¹⁾	Descrição	Unidade de mapeamento	Área
RS h/rr-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nulo/ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) ligeiro, deficiência de água ligeira e risco de geada baixo, textura muito argilosa, relevo ondulado, solum mais espesso que 100 cm	NVef4	20,8
RS G/rr-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nulo/ligeira a ligeira, deficiência de oxigênio nula a nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) ligeiro, deficiência de água nula a nula/ligeira e risco de geada alto, textura muito argilosa, relevo ondulado (pouco relevo suave ondulado), solum mais espesso que 100 cm	LVdf2, LVdf5, NVdf1, NVdf2, NVef2, NVef4	553,4
RI G/rr-o	Classe de aptidão regular inferior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) moderado, deficiência de água nula e risco de geada alto, textura muito argilosa, relevo ondulado e forte ondulado, solum mais espesso que 100 cm	NVef6	23,5
<u>MA h/r-f(<)</u>	Classe de aptidão marginal para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte/muito forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte, deficiência de água ligeira e risco de geada baixo, textura argilosa pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, solum menos espesso que 100 cm (variações para < 50 cm e > 100 cm) . Existem terras com aptidão inferior e superior à classe preponderante	RRe	514,4
<u>MA H/r-f(<)</u>	Classe de aptidão marginal para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte/muito forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte, deficiência de água moderada a forte e risco de geada muito baixo a baixo, textura argilosa pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, solum menos espesso que 100 cm (variações para < 50 cm e > 100 cm) . Existem terras com aptidão inferior e superior à classe preponderante	RRe	85,0
<u>MA HG/r-f(<)</u>	Classe de aptidão marginal para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte/muito forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte, deficiência de água moderada e risco de geada alto, textura argilosa pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, solum menos espesso que 100 cm (variações para < 50 cm e > 100 cm) . Existem terras com aptidão inferior e superior à classe preponderante	RRe	41,6
<u>MA hG/r-f(<)</u>	Classe de aptidão marginal para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte/muito forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte, deficiência de água ligeira e risco de geada alto, textura argilosa pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, solum menos espesso que 100 cm (variações para < 50 cm e > 100 cm) . Existem terras com aptidão inferior e superior à classe preponderante	RRe	387,1

Continua...

Tabela 13. Continuação...

Símbolo ⁽¹⁾	Descrição	Unidade de mapeamento	Área
<u>MA Hg/r-f(<)</u>	Classe de aptidão marginal para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte/muito forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte, deficiência de água moderada a forte e risco de geada moderado, textura argilosa pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, solum menos espesso que 100 cm (variações para < 50 cm e > 100 cm) . Existem terras com aptidão inferior e superior à classe preponderante	RRe	483,1
<u>MA hg/r-f(<)</u>	Classe de aptidão marginal para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte/muito forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte, deficiência de água ligeira e risco de geada moderado, textura argilosa pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, solum menos espesso que 100 cm (variações para < 50 cm e > 100 cm) . Existem terras com aptidão inferior e superior à classe preponderante	RRe	66,9
IN o/i-p	Classe de aptidão inapta para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula/ligeira, deficiência de oxigênio muito forte, suscetibilidade à erosão nula, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte/muito forte, textura indiscriminada, relevo plano	OX	9,8
<u>IN o/i-p</u>	Classe de aptidão inapta para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula/ligeira, deficiência de oxigênio muito forte, suscetibilidade à erosão nula, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte/muito forte, textura indiscriminada, relevo plano . Existem terras com aptidão superior à classe preponderante	GX2	5,9
IN o/r-p	Classe de aptidão inapta para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula/ligeira, deficiência de oxigênio muito forte, suscetibilidade à erosão nula, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte/muito forte, textura argilosa, relevo plano	GX1	103,9

⁽¹⁾ Símbolo da unidade de manejo com sublinhado tracejado indica que a classe possui, em menor quantidade, terras de menor potencial e símbolo da unidade de manejo com sublinhado contínuo representa que a classe possui, em menor quantidade, terras de maior potencial.

A Figura 2 mostra os quantitativos das classes de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto na área de estudo, incluindo as terras chamadas não produtivas, que reúnem áreas urbanas, espelhos de água, áreas de preservação oficiais e reservas indígenas.

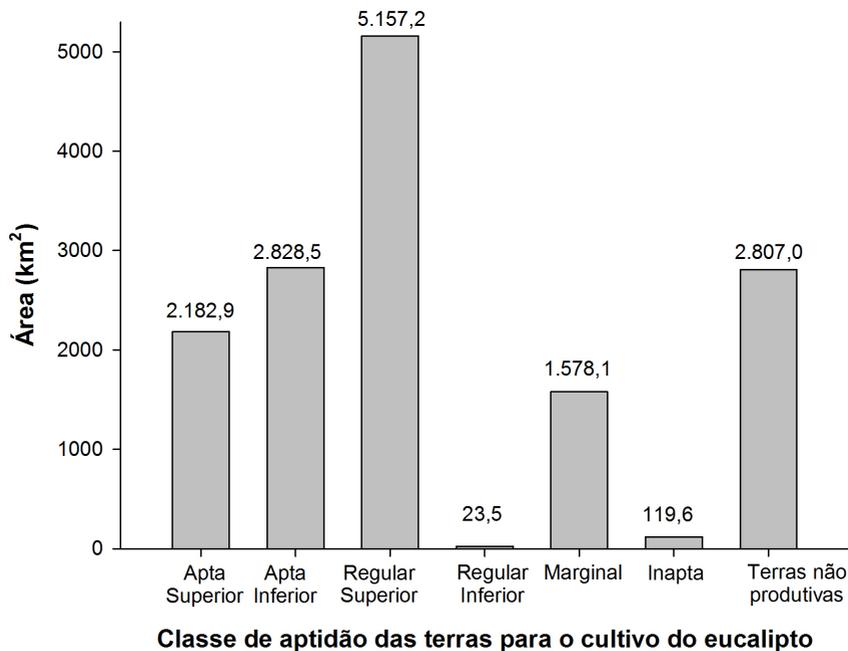


Figura 2. Quantitativos das classes de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina, incluindo as terras não produtivas (áreas urbanas, espelhos de água, áreas de preservação oficiais e reservas indígenas).

Classe Apta Superior de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto (AS)

As terras da classe AS representam 2.189,9 km² das terras da área de estudo ou 15% da área total (Tabela 13 e Figuras 2, 3 e 4). A subclasse AS /rr-s se espalha por boa parte da área de estudo (2.152 km²) e corresponde às unidades de mapeamento de Latossolos e Nitossolos de relevo predominantemente suave ondulado e desenvolvidos em substrato de rochas básicas. A subclasse AS /r-s possui apenas 30,9 km², com poucos polígonos na parte norte da área. Tem como diferencial solos desenvolvidos em substrato de rochas eruptivas básicas com alguma influência do arenito.

Todas as terras da classe AS apresentam potencial muito elevado para diferentes cultivos agrícolas. O cultivo do eucalipto nessas terras, com a quase ausência de fatores de limitação de solos e clima, corresponde a taxas de incremento médio anual muito elevadas, difíceis de encontrar em qualquer parte do mundo, para sistemas de produção semelhantes.

Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina:
estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto

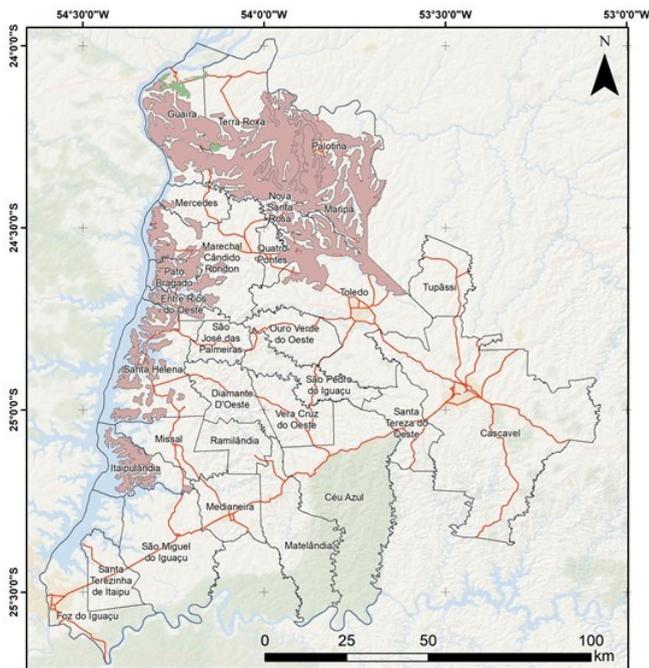


Figura 3. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando as subclasses Apta Superior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição das subclasses na Tabela 13).

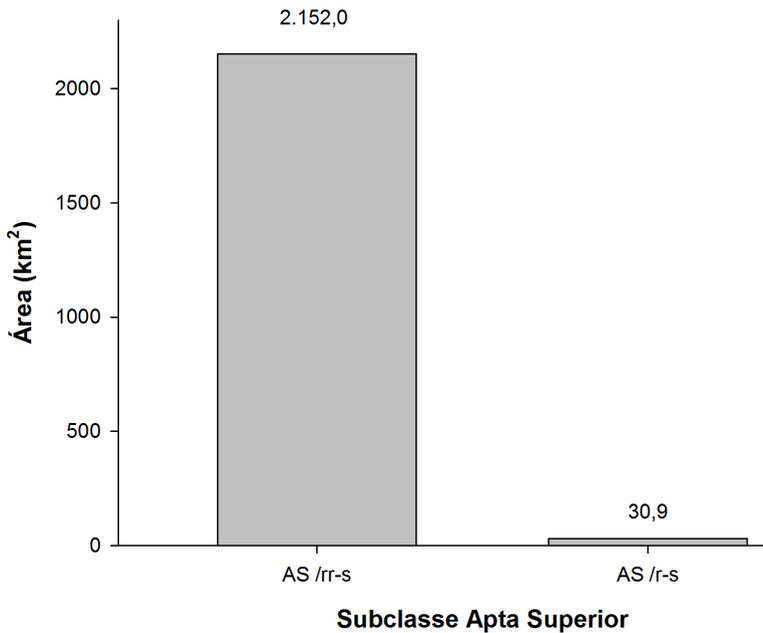


Figura 4. Quantitativos das subclasses Apta Superior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto, nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Classe Apta Inferior de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto (AI)

As terras da classe AI representam 2.828,5 km² das terras da área de estudo, ou 19% da área total (Tabela 13 e Figuras 2, 5 e 6). As subclasses AI h/a/m-s e AI h/m-s (64,2 km² e 229,0 km², respectivamente) correspondem a poucos polígonos, ao norte da área de estudo, de unidades de mapeamento de solos que apresentam o arenito como material de origem e a deficiência de água é o fator de limitação mais importante. As terras da subclasse AI g/rr-s, com 2.535,3 km², apresentam ocorrência generalizada na área de estudo. São Latossolos e Nitossolos Vermelhos desenvolvidos em substrato de rochas eruptivas básicas que apresentam risco moderado de ocorrência de geadas.

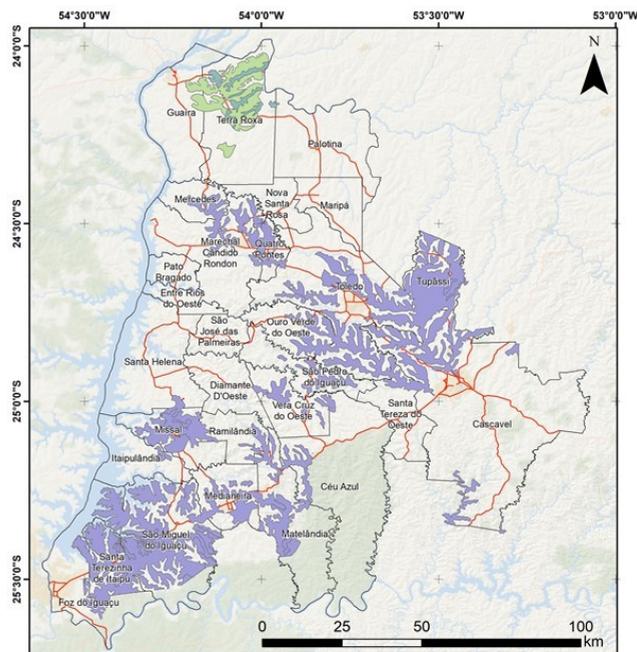


Figura 5. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando as subclasses Apta Inferior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição das subclasses na Tabela 13).

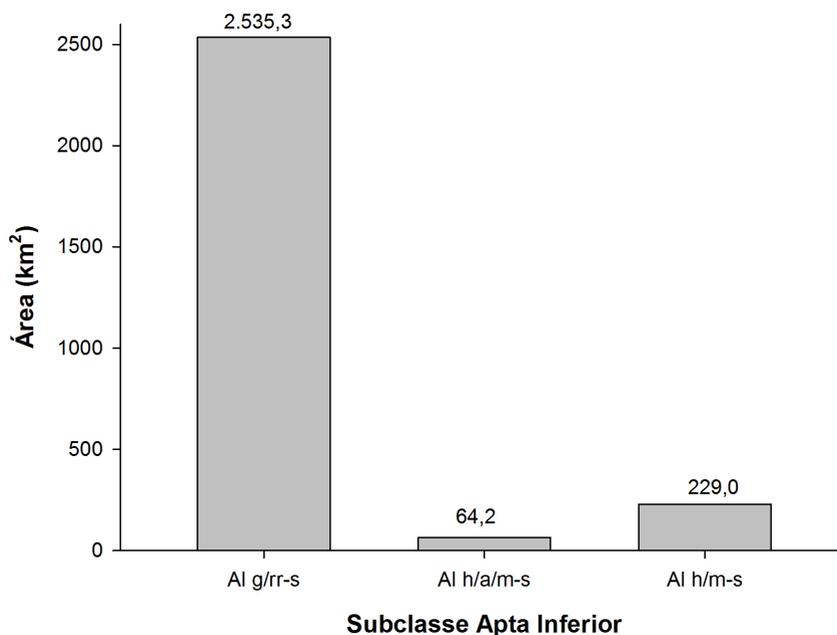


Figura 6. Quantitativos das subclasses Aptidão Inferior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto, nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Classe Regular Superior de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto (RS)

É a classe de maior ocorrência, com 5.157,2 km² (ou 35%) de terras na área de estudo, e também aquela que apresenta maior número de subclasses, onze no total (Tabela 13 e Figuras 2, 7, 8, 9 e 10). A subclasse de maior extensão é a RS g/rr-o (símbolo presente em duas subclasses, a RS g/rr -o e a RS g/rr-o, com respectivamente 1.402,8 km² e 14,4 km²), que ocorre em polígonos de unidades de mapeamento de Latossolos e Nitossolos Vermelhos com caráter férrico em relevo ondulado, de ocorrência ampla na área de estudo. Em segundo plano está a subclasse RS /rr-o, que ocorre em polígonos das unidades de mapeamento NVef4 e NVef5, Nitossolos Vermelhos Eutroféricos em relevo ondulado, mais presentes na metade norte da área, na altura das sedes dos municípios de Marechal Cândido Rondon e Toledo. Ainda com um volume de terras significativo, aparecem as terras com risco de geada alto, subclasses RS G/rr-s e RS G/rr-o (com respectivamente 787,5 km² e 553,4 km²), polígonos que aparecem em maiores altitudes, principalmente no município de Cascavel. As outras subclasses, a maioria em solos desenvolvidos do arenito Caiuá, ocorrem ao norte da área.

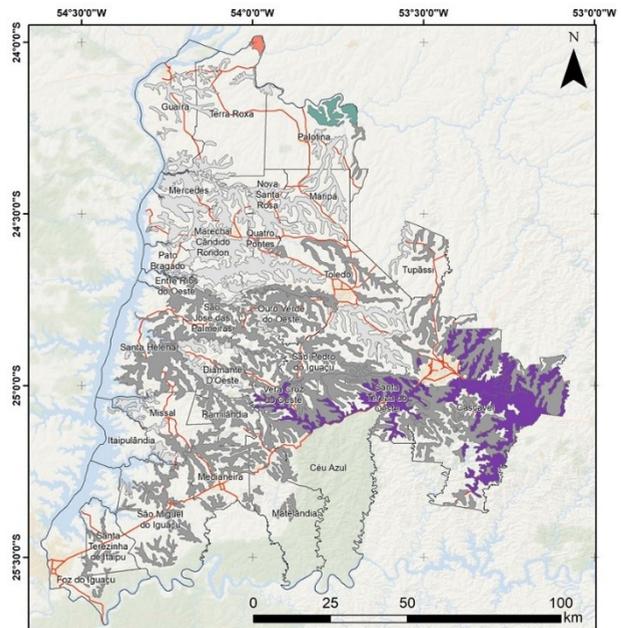


Figura 7. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando subclasses Regular Superior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição das subclasses na Tabela 13) – Parte 1.

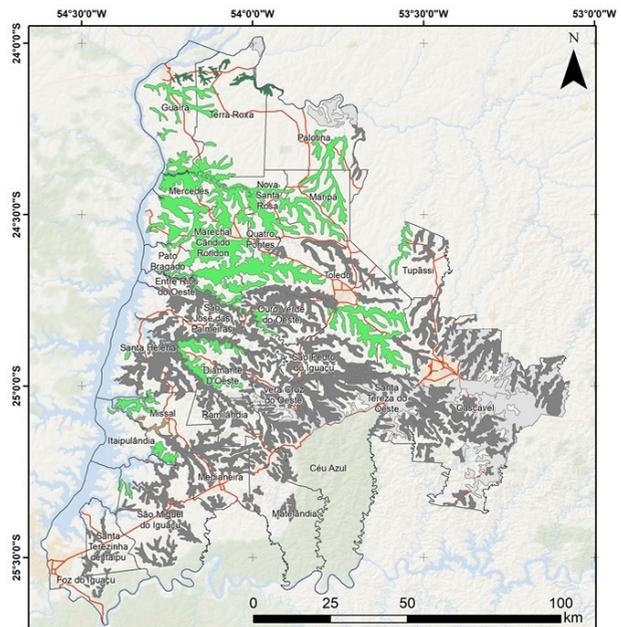


Figura 8. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando subclasses Regular Superior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição na Tabela 13) - Parte 2.



Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina:
estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto

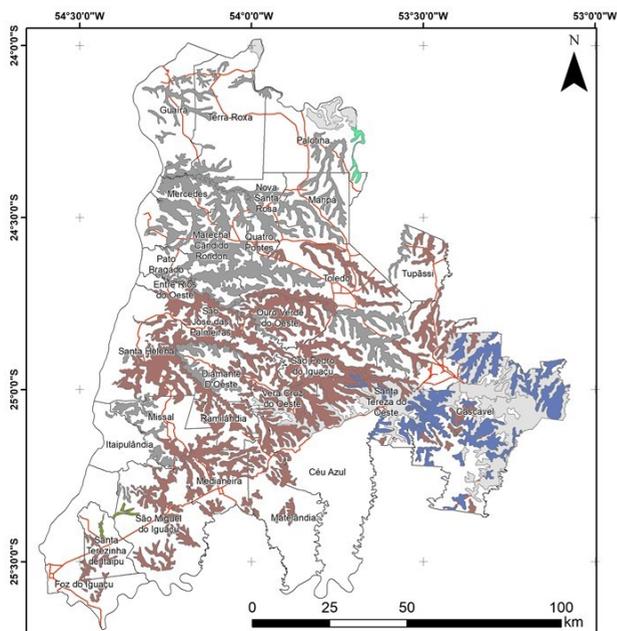


Figura 9. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando subclasses Regular Superior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição na Tabela 13) - Parte 3.

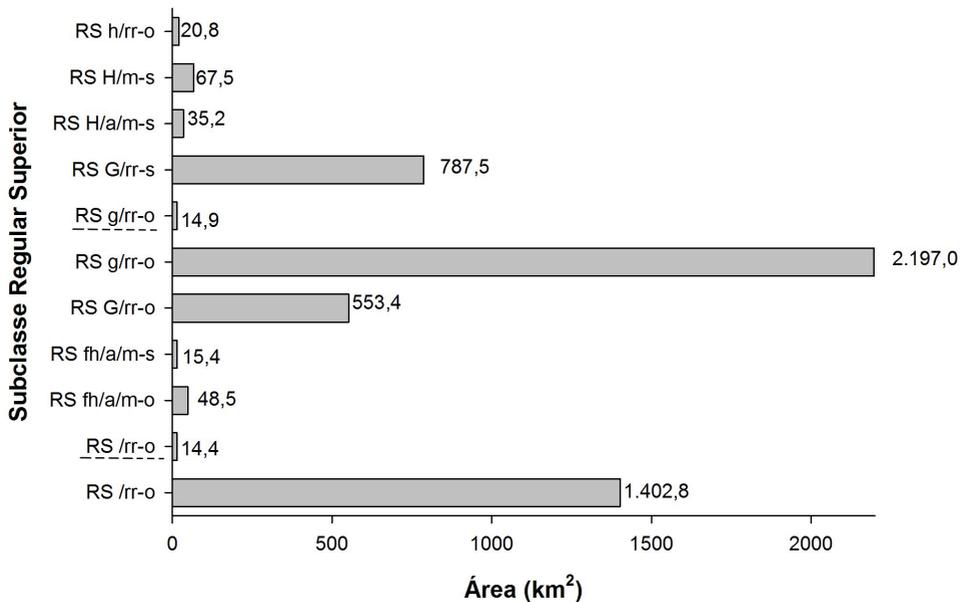


Figura 10. Quantitativos das subclasses Regular Superior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Classe Regular Inferior de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto (RI)

É a classe de menor ocorrência, com apenas 23,5 km² (ou 0,2%) de terras na área de estudo (Tabela 13 e Figuras 2, 11 e 12). São três polígonos da unidade de mapeamento Nvef6 no município de Cascavel, com limitações por risco de geada forte, suscetibilidade à erosão forte e impedimentos ao manejo moderado.

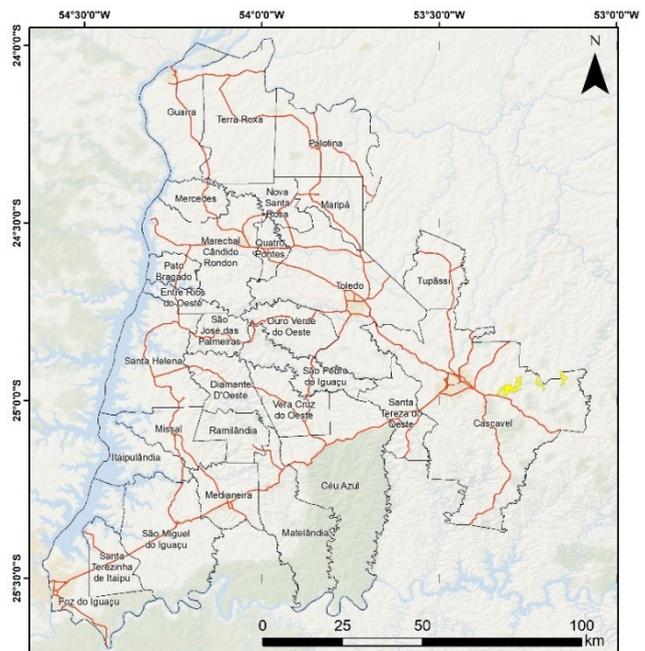


Figura 11. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando a subclasse Regular Inferior RI G/r-r-o de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição na Tabela 13).

Legenda:

- | | | |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Limites municipais | SubClasses Regular Inferior | Sistema de Projeção: Albers |
| Rodovias | RI G/r-r-o | Sistema de Referência: SIRGAS2000 |



Figura 12. Quantitativos da subclasse Regular Inferior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Classe Marginal de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto (MA)

As terras da classe MA representam 1.578,1 km² das terras da área de estudo ou 11% da área total (Tabela 13 e Figuras 2, 13, 14 e 15). Todos os polígonos da classe pertencem à unidade de mapeamento de solos RRe, uma associação de solos cujo primeiro componente são Neossolos Regolíticos. Por si só, os Neossolos Regolíticos já definiriam a classe MA da aptidão para o cultivo do eucalipto dessas terras, pela profundidade efetiva do solo < 100 cm, embora a ΔH moderada (subscrito “H”) também determine isso. As variações de clima definem as subclasses, ao interagirem com o solo para definir o fator de limitação ΔH (ligeira - subscrito “h” - ou moderada), que aparece em todas subclasses, ou pelo risco de geada (moderado e alto, respectivamente subscritos “g” e “G”), que aparece em quatro das seis subclasses MA.

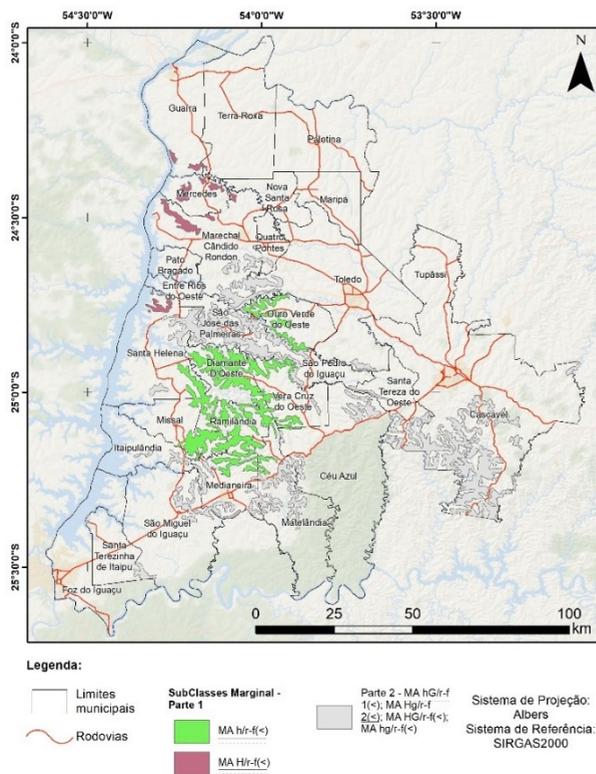


Figura 13. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando subclasses Marginal de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição na Tabela 13) - Parte 1.

Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina:
estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto

Figura 14. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando subclasses Marginal de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição na Tabela 13) - Parte 2.

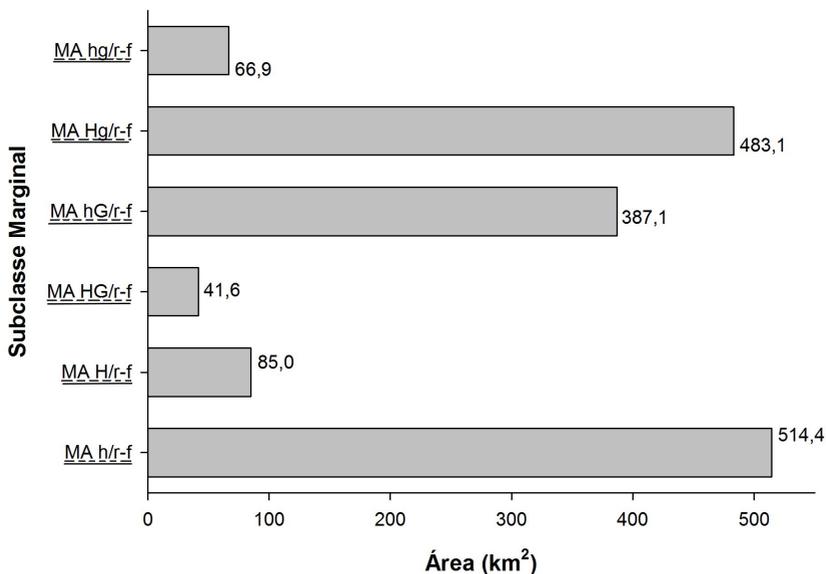
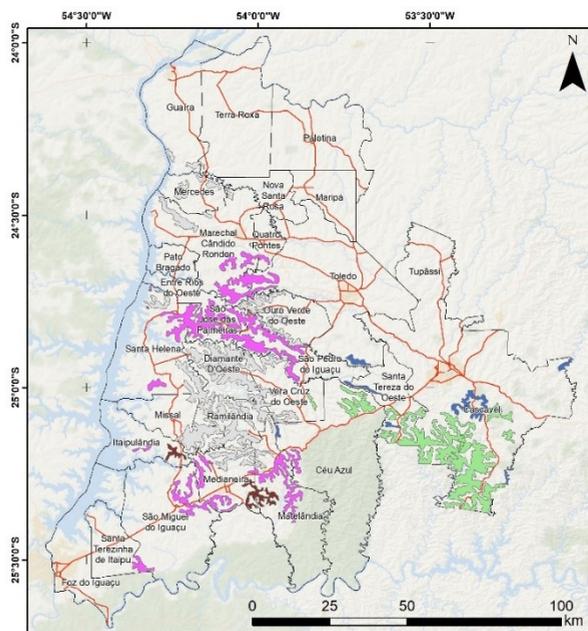


Figura 15. Quantitativos das subclasses Marginal de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

O segundo componente da unidade de mapeamento de solos RRe apresenta, de forma geral, classe de aptidão Inapta (profundidade efetiva do solo < 50 cm) e o terceiro componente aptidão RI a MA, dependendo das variações de clima de polígono a polígono. Planejar o plantio de eucalipto nessas terras envolve um significativo grau de risco. Mas, se for considerado o amplo domínio de uma agricultura industrial de grãos na região e como isso eleva o custo das terras para níveis muito altos, as terras da classe MA podem representar uma boa relação custo/oportunidade para a atividade florestal, mesmo que essa escolha envolva riscos.

Classe Inapta de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto (IN)

As terras da classe IN representam apenas 119,6 km² das terras da área de estudo ou 0,8% da área total (Tabela 13 e Figuras 2, 16 e 17). Os polígonos da classe pertencem às três unidades de mapeamento de solos que apresentam forte hidromorfismo, com Gleissolos e Organossolos, sendo que o ΔO muito forte determina a classe IN para essas faixas de terra, independente da influência dos parâmetros climáticos. A maior parte dos polígonos da classe está na parte norte da área de estudo.

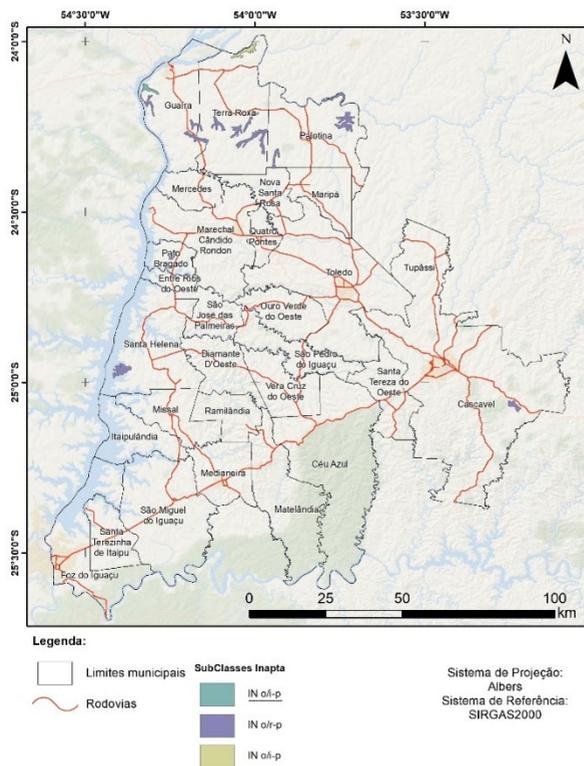


Figura 16. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando subclasses Inapta de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição na Tabela 13).

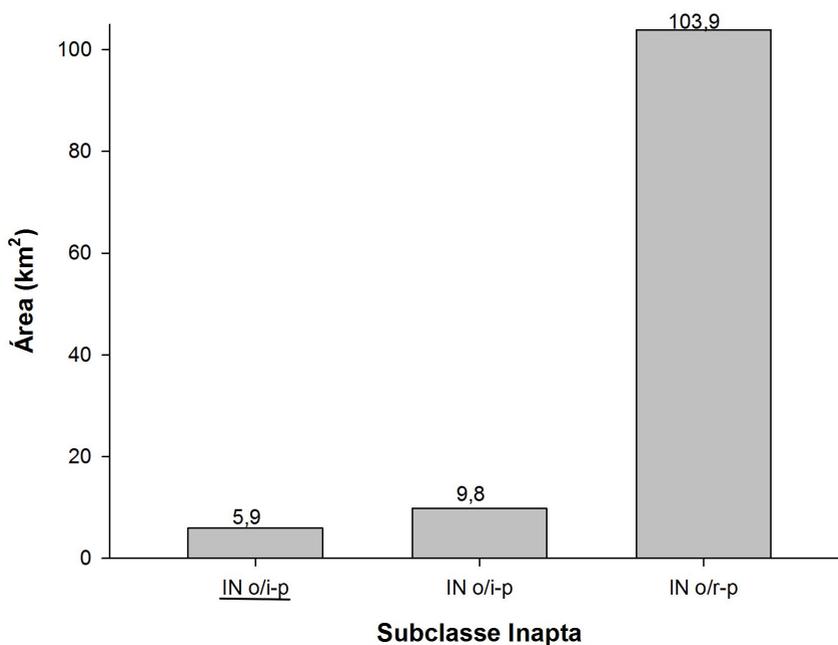


Figura 17. Quantitativos das subclasses Inapta de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Considerações finais

A ótima oferta de terras de boa qualidade dos municípios da BP3 e Palotina se reflete na importância estratégica que essa região possui para a produção de grãos e proteína animal no estado do Paraná. Os ativos de terra estão entre os mais valorizados do País e pressionam para um uso agrícola intensivo que, em princípio, não abriria espaço para a produção florestal. Isso seria totalmente verdade se não existisse uma significativa utilização de biomassa florestal para a secagem de grãos, caldeiras das agroindústrias, aquecimento de aviários e em outras atividades do agronegócio que necessitam de energia térmica, principalmente nas cooperativas e agroindústrias da região. O paradigma atual, envolvendo os elevados custos de frete da biomassa florestal, impede que a demanda da região venha de locais distantes, pelo menos em épocas normais de oferta e demanda, mesmo que atravessasse a região no seu sentido mais longo, uma distância aproximada de 250 km de estradas. Essa situação pode até se agravar, considerando que a demanda por madeira estará sofrendo a concorrência crescente de novos parques industriais de produção de celulose em implantação.

Desse conflito, entre o plantio prioritário de grãos, principalmente milho e soja em duas a três safras anuais, e a necessidade dos maciços florestais para atender as demandas de produção de energia da região, surge o número aproximado 10.000 ha de terras plantadas com eucalipto. Esse número pode ter sido um pouco menor, nos últimos anos de crise, mas deve se elevar se o parque de agroindústrias voltar a crescer.

O gradiente de terras entre as classes de aptidão AS, AI e RS representam baixíssimo risco para o plantio de eucalipto e são nessas terras, mesmo disputadas pela produção de grãos, que se concentra a produção de biomassa florestal regional. Isso ocorre não só pela garantia de produção sem riscos, mas também pelas boas condições que os solos e paisagens dessas terras possibilitam para a logística de produção, principalmente maciços maiores (interflúvios mais longos) e mecanização (preparo do solo, colheita) em diversas etapas da produção. A ausência de riscos de produção passa, em boa parte, pelos riscos de déficit hídrico refreados pela boa quantidade e pela regular distribuição das chuvas.

No extremo norte da região, onde os solos começam a ter maior influência do arenito como material de origem, até a sua total prevalência em detrimento da influência das rochas eruptivas básicas, essa equação fica facilitada pela menor vocação das terras para cultivos anuais, uma somatória de uma pior distribuição de chuvas e das menores taxas de retenção de água do solo. E essa disponibilidade de terras vai aumentar ainda mais da fronteira da região em direção ao noroeste do Estado, onde solos desenvolvidos do arenito Caiuá e relevos mais íngremes geram limitações por suscetibilidade à erosão muito fortes, facilitando a entrada de cultivos florestais, que se apresentam mais sustentáveis que os cultivos anuais.

Outras terras, principalmente as da classe MA, representam uma oportunidade para a dispersão da produção florestal em maciços menores, embora também representem riscos maiores, podendo também representarem custos de colheita mais altos.

As terras com ΔG moderado, embora possam utilizar germoplasmas predominantemente tropicais, correm riscos de perdas, principalmente em plantios mais novos e em posições de paisagem que favorecem a presença de frios mais acentuados (fundos de vales, face sul, corredores de ventanias). Para diminuir esses riscos, materiais de *Eucalyptus dunnii* e *E. saligna* seriam recomendados, embora apresentem rendimento energético inferior comparativamente a outros germoplasmas, desenvolvidos para a finalidade de produção de energia. Nas terras com ΔG alto (subscrito “G”), principalmente nos polígonos presentes no entorno do município de Cascavel, a espécie mais recomendada é *E. benthamii*, alternativa com maior tolerância ao clima subtropical-temperado.

Ainda cabem alguns comentários envolvendo o sistema de manejo que prevalece nas áreas de produtores de biomassa florestal da região. Se o processo de produção é muito facilitado pela boa oferta de solos e, principalmente, chuvas da região, isso não impede que seja perceptível a necessidade de ajustes em diferentes fatores de produção, como o controle de mato-competição e formigas, a adubação e preparo do solo. Esse último fator, quando mal ajustado, pode magnificar o efeito deletério de fortes ventos que estão se tornando uma constante nessa região nos últimos anos. Eles não são espacialmente previsíveis e chegam a representar perdas próximas de 30% nos talhões de plantio onde ocorrem. O preparo do solo com subsolagem é uma boa prática e difundida na região. Mas, quando realizada em áreas de reforma, com muitos tocos do ciclo anterior, é comum não alcançar a profundidade de preparo do solo desejada (≥ 40 cm de profundidade), independente da umidade e da consistência do solo no momento do preparo. Não é raro se observar no campo plantas de pouca idade (com menos de 1 ano) e crescimento acelerado (6-8 m de altura) com sistema radicular muito superficial, mostrando as raízes de sustentação horizontalizadas na profundidade da subsolagem, algo entorno de 10-15 cm. Essas são as plantas preferencialmente tombadas pelas ventanias.

Referências

- BENNEMA, J.; CAMARGO, M. N. **Segundo esboço parcial de classificação de solos brasileiros**: subsídio à VI reunião técnica de levantamento de solos. Rio de Janeiro: DPEA/DPFS, 1964. 45 p.
- BOGNOLA, I. A.; GOMES, J. B. V.; HOLLER, W. A.; CURCIO, G. R.; RAUEN, M. J.; CARVALHO, A. P.; PÖTTER, R. O.; CARDOSO, A. Atualização do levantamento de reconhecimento de solos dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina. In: GOMES, J. B. V.; WREGE, M. S. (ed.). **Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina**: estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto. Colombo: Embrapa Florestas, 2020. p. 41-74.
- CARVALHO F. A. C.; CURI, N.; FONSECA, S. **Avaliação informatizada e validada da aptidão silvicultural das terras dos tabuleiros costeiros brasileiros para eucalipto**. Lavras: Ed UFLA, 2013. 138 p.
- COSTA, A. M.; CURI, N.; ARAÚJO, E. F.; MARQUES, J. J.; MENEZES, M. D. Unidades de manejo para o cultivo de eucalipto em quatro regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul. **Scientia Forestalis**, v. 37, p. 465-473, 2009.
- GOMES, J. B. V.; BOGNOLA I. A.; STOLLE, L.; SANTOS, P. E. T.; MAEDA, S.; SILVA, L. T. M.; BELLOTE, A. F. J.; ANDRADE, G. C. Unidades de manejo para pinus: desenvolvimento e aplicação de metodologia em áreas de produção no oeste catarinense. **Scientia Forestalis**, v. 44, p. 191-204, 2016.
- GOMES, J. B. V.; LUMBRERAS, J. F.; OLIVEIRA, R. P.; BHERING, S. B.; ZARONI, M. J.; ANDRADE, A. G.; CALDERANO, S. B. Aptidão para reflorestamento das sub-bacias dos canais do Manguê e do Cunha, município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 459-466, 2005.
- GOMES, J. B. V.; WREGE, M. S.; HOLLER, W. A.; BOGNOLA, I. A. Características gerais dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina. In: GOMES, J. B. V.; WREGE, M. S. (ed.). **Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina**: estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 11-16.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI J. R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**: 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1991. 175 p.
- MILLER, R.W.; DONAHUE, R. L. **Soils**: an introduction to soils and plant growth. 6th ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1990. 768 p.
- RAMALHO F. A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. 65 p.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; SILVA, S. H. G. **Da rocha ao solo**: enfoque ambiental. Lavras: Ed UFLA, 2019. 512 p.
- WREGE, M. S.; GOMES, J. B. V.; BOGNOLA, I. A.; HOLLER, W. A.; SOARES, M. T. S.; ANDRADE, G. C.; NIETSCHKE, P. R. Zoneamento agrícola de espécies de eucalipto para municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina. In: GOMES, J. B. V.; WREGE, M. S. (ed.). **Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina**: estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto. Colombo: Embrapa Florestas, 2020. p. 17-39.
- ZANÃO, J. L. A.; MEDEIROS, G. B. Caracterização dos solos do entorno do reservatório de Itaipu. In: ZANÃO, J. L. A.; FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H. (ed.). **Produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu**. Londrina: IAPAR, 2015. p. 117-151.

Embrapa

Florestas

A área objeto do estudo compreende os municípios formadores da Bacia do Paraná 3 (BP3) e o município de Palotina, que somam 1.462 km² de terras na mesorregião Oeste do Paraná.

Seu conteúdo está amarrado com objetivos do Projeto Bioeste Florestas, uma parceria Itaipu Binacional, CiBiogás e Embrapa Florestas, criada para dar bases mais sólidas ao plantio de árvores (eucalipto) para a produção de energia a partir de biomassa florestal na região Oeste do Paraná.

Para o perímetro de estudo são apresentados a atualização do mapeamento de solos (publicado originalmente em 1984 pela Embrapa), o zoneamento agrícola para quatro materiais de eucalipto e a aptidão das terras para o plantio de eucalipto. Todo esse conteúdo oferece aos atores locais, principalmente agentes públicos e gestores de cooperativas, informações importantes para o desenvolvimento mais sustentável e, por conseguinte, com maior grau de profissionalização da silvicultura regional.



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL



CGPE