

Foto: Paulo Lanzetta



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

7 ENERGIA LIMPA
E ACESSÍVEL



COMUNICADO
TÉCNICO

371

Pelotas, RS
Novembro, 2019

Embrapa

Potencial de Geração de Energia Fotovoltaica em Estabelecimentos Rurais de Base Familiar no Estado do Rio Grande do Sul

Ivan Rodrigues de Almeida
Carlos Reisser Junior
Silvio Steinmetz

Potencial de Geração de Energia Fotovoltaica em Estabelecimentos Rurais de Base Familiar no Estado do Rio Grande do Sul¹

¹ Geógrafo, doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Engenheiro agrícola, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Engenheiro-agrônomo, doutor em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

As transformações que estão ocorrendo atualmente na agricultura têm promovido mudanças importantes na estrutura social do meio rural gaúcho, as quais podem trazer consequências permanentes para os atores dos sistemas de produção. Nesse contexto, destacam-se o envelhecimento e o êxodo da mão de obra, motivado pela desigualdade de condições de vida entre o meio rural e o urbano. A qualidade da infraestrutura fornecida pelo Estado e por prestadores de serviços privados é inferior no meio rural, considerando-se também a precariedade da educação e a pouca disponibilidade de lazer e mobilidade, cenário que desestimula os jovens a permanecerem junto aos estabelecimentos rurais de suas famílias.

A comunicação da vida moderna trouxe uma aproximação entre as pessoas, devido à conectividade, reduzindo virtualmente as distâncias no meio rural, porém o isolamento se mantém, devido a dificuldades de mobilidade no campo. Televisão, internet, computadores, telefones celulares e outros dispositivos tornam as pessoas mais integradas na

sociedade; essas facilidades estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas. Entretanto, nem sempre estão disponíveis a todos e, quanto mais distantes dos centros urbanos, pior o funcionamento e a disponibilidades desses bens de serviços.

Todos esses dispositivos eletrônicos são dependentes de energia elétrica, que é o bem de serviço primário que dá suporte ao seu funcionamento. Ao mesmo tempo, a energia elétrica é um dos pontos fracos, quando se trata de sua distribuição no meio rural, seja pela qualidade, disponibilidade e alcance das redes de distribuição. Outras fontes de energia, como aquelas para geração térmica para armazenamento, deslocamento, movimentação de cargas, preparo de solo, em geral, são baseadas em combustíveis fósseis, os quais são importados pela propriedade rural, sendo um dos fatores que mais pesam no custo da produção.

O presente Comunicado Técnico visa demonstrar, com base em avaliações obtidas em condições reais de funcionamento em campo, o potencial

de geração de energia por meio de painéis fotovoltaicos, representando uma situação de uso mais próxima daquelas de estabelecimentos rurais menores que 50 hectares.

Marco legal para geração de energia e consumo no Rio Grande do Sul

A Resolução Normativa n° 482, da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel, 2012) estabeleceu a possibilidade de toda unidade consumidora de energia elétrica ligada à rede de distribuição oficial se tornar uma microgeradora de sua própria energia elétrica. Essa normativa criou uma nova oportunidade de geração de renda indireta para o meio rural, mediante a redução de custos. Com a geração distribuída (GD), há uma compensação, pois o consumidor passa a ter possibilidade de também ser um gerador de energia elétrica. De certa forma, a compensação pela troca de energia, quando gerada para a rede de distribuição ou consumida nas propriedades, pode fazer com que haja um “crédito” de energia para ser utilizada quando necessário, sem a necessidade de outros equipamentos de armazenamento de energia na propriedade, como as baterias, que fazem parte de outro sistema independente de geração, chamado *off-grid*.

Observa-se, na Figura 1, que a estimativa de consumo de energia pelo setor agropecuário deve se manter em 4% do consumo brasileiro para 2027, exatamente a mesma porcentagem atual (Brasil, 2018b). Pode-se supor, com isso, que o consumo de energia desse setor apresente o mesmo crescimento do brasileiro, sem mudanças expressivas das fontes. Talvez um dos motivos seja, mais uma vez, o pequeno investimento em infraestrutura relacionada à distribuição de energia elétrica, não mostrando tendência de melhora para os próximos anos. Porém, a aceitação de novas tecnologias pode mudar esse panorama, como a autogeração e a possibilidade de uso dessa energia nas várias atividades rurais, visto que a geração de energia renovável, como a fotovoltaica, aumentou 38 vezes durante o período entre 2016 e 2017, e de 5 MW para 935 MW em quatro anos (Brasil, 2018a).

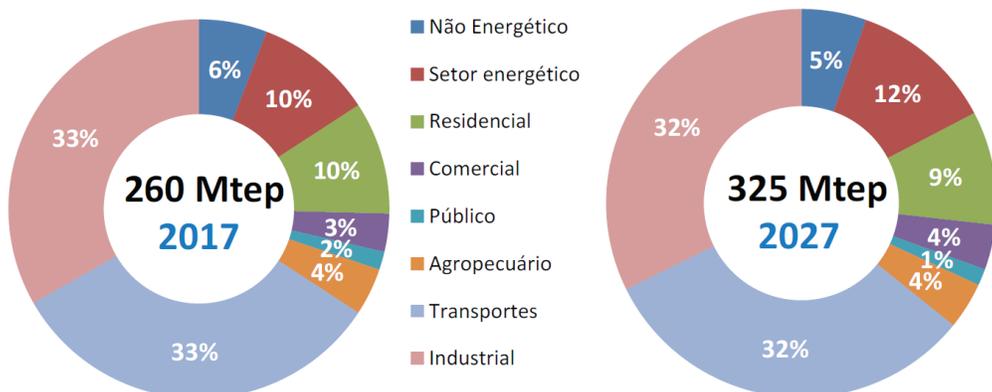


Figura 1. Consumo de energia dos principais setores da economia brasileira de 2017 e consumo estimado para 2027, em megatonelada equivalente de petróleo. Fonte: Brasil, 2018a.

Se considerarmos que o consumo gaúcho de energia elétrica do meio rural (Figura 2) mantenha a mesma proporção atual, de 14%, ao menos espera-se que a relação entre as fontes de geração mude, visto que o Rio Grande do Sul, tal como o estado de Minas Gerais, são os estados que apresentam a maior adoção de tecnologias de geração renovável.

A opção por gerar esse tipo de energia, que também é não poluente, é outra maneira de formação de renda que pode ser adotada pelo meio rural, visto que possui todas as condições adequadas relativas a espaço, dimensionamento, bem como sistemas que possam garantir a disponibilidade de energia

quando a rede de distribuição falhar (para os casos de instalações *off-grid*). O produtor rural, além de poder reduzir os gastos com energia elétrica de uso normal nas suas instalações, ainda pode mudar a fonte do tipo de energia usado nas atividades rurais, como transporte e movimentação, normalmente feitos por motores a combustão. A necessidade de mecanização de sua lavoura é também possível de ser realizada com dispositivos elétricos a bateria, muitos já disponíveis no mercado, como motosserras, *scooters*, ferramentas, equipamentos de preparo de solo, poda, raleio, pulverizadores, dentre outros.

Classes de consumo de energia elétrica no RS (em GWh)

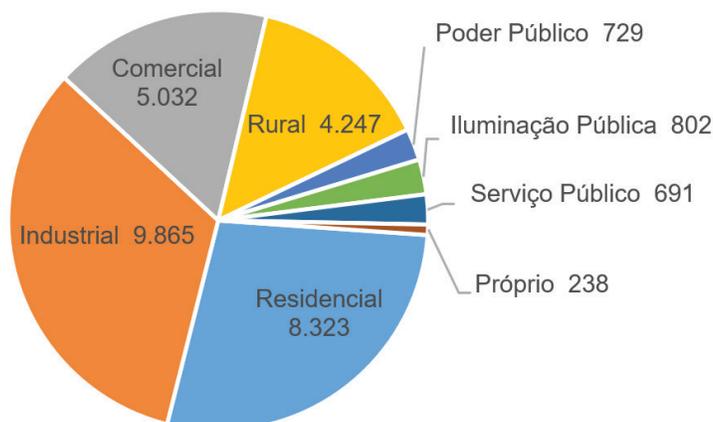


Figura 2. Consumo de energia elétrica, em GWh, das diversas classes de consumidores do Rio Grande do Sul, em 2017 (Brasil, 2018a).

A geração de conhecimento sobre novas técnicas, que possam ser utilizadas com sucesso econômico pelo meio rural, certamente fornecerá confiança ao produtor, vindo a ser fator importante para o crescimento da geração de energia renovável elétrica, conforme recomendado por Biasi et al. (2018). A indicação do governo em reduzir o subsídio sobre a energia elétrica no meio rural, as facilidades de financiamento, bem como o maior conhecimento acerca das tecnologias existentes, podem fazer com que o campo se torne o maior mercado para a implantação de usinas fotovoltaicas. O setor agropecuário é um dos que apresenta melhores condições de instalação de usinas, dentre elas a maior disponibilidade de área, maior facilidade de instalação e disponibilidade de locais sem obstáculos.

Visando auxiliar os órgãos competentes relacionados à melhoria das condições do meio rural, este trabalho mostra o potencial da propriedade rural de base familiar do Rio Grande do Sul em gerar energia elétrica renovável, sem necessidade de maiores investimentos em distribuição de eletricidade nem em grandes usinas, que normalmente causam danos ambientais de grande monta.

Perfil fundiário do estado do Rio Grande do Sul

O perfil da estrutura fundiária no estado do Rio Grande do Sul, assim como no Brasil, vem passando por modificação em sua base territorial e, de modo mais significativo e impactante, na

composição das famílias e do trabalho no campo. Quanto à base territorial, o levantamento de dados entre os censos agropecuários de 2006 e 2017 mostra que a comparação do número de estabelecimentos rurais e a área que ocupam apresentou redução de mais de 760 mil hectares e mais de 68 mil estabelecimentos, conforme apresentado na Tabela 1. Apesar de tais dados, aparentemente, indicarem uma certa concentração das terras, esse fato não é tão relevante no aumento da área média (14,4 ha em 2017) dos estabelecimentos situados nas classes abaixo de 50 hectares, sugerindo que possam ter sido incorporados por estabelecimentos de áreas maiores que o limite adotado nesta análise.

Tabela 1. Síntese da área total e do número de estabelecimentos entre 1 ha e 50 ha entre os censos agropecuários dos anos de 2006 e 2017.

Número Estabelecimentos	
367.593	Censo 2006
299.352	Censo 2017
68.241	Redução dos estabelecimentos entre censos (2006 menos 2017)
Área (ha)	
5.090.958	Estabelecimentos de 1 ha a 50 ha (censo 2006)
4.325.357	Estabelecimentos de 1 ha a 50 ha (censo 2017)
765.601	Redução de área entre censos (2006 menos 2017)
14,4	Tamanho médio dos estabelecimentos em 2017
13,8	Tamanho médio dos estabelecimentos em 2006

Fonte: IBGE, Censos Agropecuários 2006 e 2017.

Em relação à composição das famílias e do trabalho no campo, a redução do tamanho das famílias é um fenômeno demográfico comum ao País todo, mas que no meio rural traz um problema associado, que é o de sucessão e gestão dos estabelecimentos. Desse modo, além da redução do número de jovens no campo, os que restam são atraídos pelas oportunidades do mundo urbano (Buainain et al., 2014).

Assim, o desenvolvimento de atividades não agropecuárias no meio rural (a exemplo do turismo), nas quais outras fontes de renda venham a complementar ou reduzir custos de outros processos produtivos no campo, mostram-se como opções de dinamização de um mercado crescente, e que colabora para a segurança e diversificação da matriz energética do País.

Materiais e métodos

✓ Para gerar o mapa síntese do potencial anual de geração fotovoltaica dos municípios do estado do Rio Grande do Sul, foram utilizadas informações de radiação solar global anual, obtidas a partir do Atlas Agroclimático da Região Sul (Wrege et al., 2011).

✓ Os dados médios de rendimento dos sistemas fotovoltaicos de estações geradoras de energia elétrica em algumas regiões do estado foram obtidos de trabalhos de avaliação de sistemas geradores de energia elétrica renovável elaborados pela Embrapa (Reisser Júnior et al., 2019).

✓ Dados dos censos agropecuários levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para os anos de 2006 e 2017, foram tabulados em planilhas eletrônicas e espacializados em Sistemas de Informação Geográfica.

Para a determinação do potencial de geração anual dos painéis solares em estabelecimentos rurais relativos a unidades de produção familiares, foram utilizados os dados de radiação solar global convertidos da unidade MJ m² dia⁻¹ (mega joule por metro quadrado ao dia), disponíveis em Wrege et al. (2011), para a unidade equivalente de kWh (quilowatt-hora), então multiplicados pelas demais variáveis de acordo com a Equação 1:

Potencial de geração anual =
kWh dia⁻¹ * 365 * 1,68 * (NEmun<=50ha)

Equação (1)

onde:

kWh dia⁻¹: unidades que variam de 4,73 a 5 conforme cada município;

365: número de dias do ano;

1,68: relação de geração de um sistema fotovoltaico de 2 kWp a cada hora de radiação solar igual a 1 kWm⁻²;

(NEmun<=50ha): número de estabelecimentos no município com área menor ou igual a 50 hectares.

A produtividade média diária para kWh/kWp para cada região pode ser obtida utilizando-se o rendimento dos painéis multiplicado pela radiação recebida, sendo que, a título de informação, a

irradiação é medida no plano horizontal por meio de sensores de radiação global (radiômetros). O número de produtores com áreas menores que 50 ha no estado do Rio Grande do Sul representam a maioria das propriedades familiares.

Resultados

Devido ao diversificado tamanho dos municípios que compõem o estado do Rio Grande do Sul e, também por consequência, ao número de estabelecimentos e amplitudes de classes de área que podem ocupar, destacam-se aqueles municípios de maior área territorial, combinados com a distribuição fundiária marcada pelo expressivo número de minifúndios, a exemplo de Canguçu (Figura 3). Por outro lado, o município de Esteio, que não apresenta áreas rurais, está inserido na região metropolitana da capital e é o de menor área territorial, não se inclui nessa categoria de análise.

Na mesma figura, a representação do mesmo dado por círculos no centro de cada município denota a densidade de classes de potencial de geração, que se agrupam ao norte e ao centro do estado, indicando a possibilidade de formação de cooperativas de geração distribuída de energia que propiciam diferentes modelos de negócio (Lima, 2018). A geração na propriedade rural poderia criar uma série de oportunidades para o setor, tais como: aumento da renda da propriedade sem aumento da mão de obra; distribuição de renda para todo o setor agropecuário de base familiar;

possibilidade de diversificação da matriz energética do meio rural, incremento na oferta de energia para o estado sem a necessidade de investimentos em grandes empreendimentos de geração ou infraestrutura de redes de distribuição de energia elétrica, bem como a diminuição de impactos negativos ao meio ambiente.

Para contextualizar o impacto da geração total que poderia ser viabilizada pela instalação de apenas 2

quilowatts de sistema fotovoltaico por estabelecimento rural, na Tabela 2 são apresentados os dez maiores municípios com maior potencial de geração, e o total que poderia ser atingido pelo estado, quando contabilizados todos os municípios. Assim, conforme dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica (Brasil, 2018a), essa potência instalada* seria equivalente a 7% da atual disponível no estado, e poderia contribuir com aproximadamente 20% da energia elétrica consumida nas áreas rurais.

Tabela 2. Potência instalada, potencial de geração de energia elétrica fotovoltaica do estado do Rio Grande do Sul e dos dez maiores municípios gaúchos.

	Número de estabelecimentos rurais abaixo de 50 ha (Censo 2017)	Potência instalada kWp	Potencial anual de geração de energia elétrica em kWh
Canguçu	7.136	14.272	20.187.627
Venâncio Aires	4.189	8.378	11.850.612
São Lourenço do Sul	3.353	6.706	9.485.582
Candelária	3.266	6.532	9.239.460
Pelotas	2.476	4.952	7.004.563
Camaquã	2.349	4.698	6.645.282
Santo Antônio da Patrulha	2.349	4.698	6.645.282
Santa Cruz do Sul	2.343	4.686	6.628.309
Dom Feliciano	2.311	4.622	6.537.781
Caxias do Sul	2.395	4.790	6.376.862
Rio Grande do Sul – Total	299.352	598.704	844.649.467

* A unidade kWp (quilowatt-pico) representa o máximo de geração que um sistema pode atingir sob condições específicas, geralmente reproduzidas em condições de laboratório, o que dificilmente ocorre em situações de geração em campo. Já a unidade kWh (quilowatt-hora) se refere à energia efetivamente passível de ser gerada.

Esta publicação exibe de modo exploratório e preliminar o potencial que a adoção de uma tecnologia em franco desenvolvimento no País e no mundo poderia contribuir para a geração de energia mais limpa e acessível, em plena associação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos por chefes de Estado e de Governo junto à Organização das

Nações Unidas, em setembro de 2015. Porém, é recomendável que outros tipos de análise sejam avaliados, especialmente sob a perspectiva de viabilidade técnica e econômica, visto que a legislação do setor de geração e distribuição de energia invariavelmente pode mudar e não garantir a segurança de rentabilidade num futuro próximo.

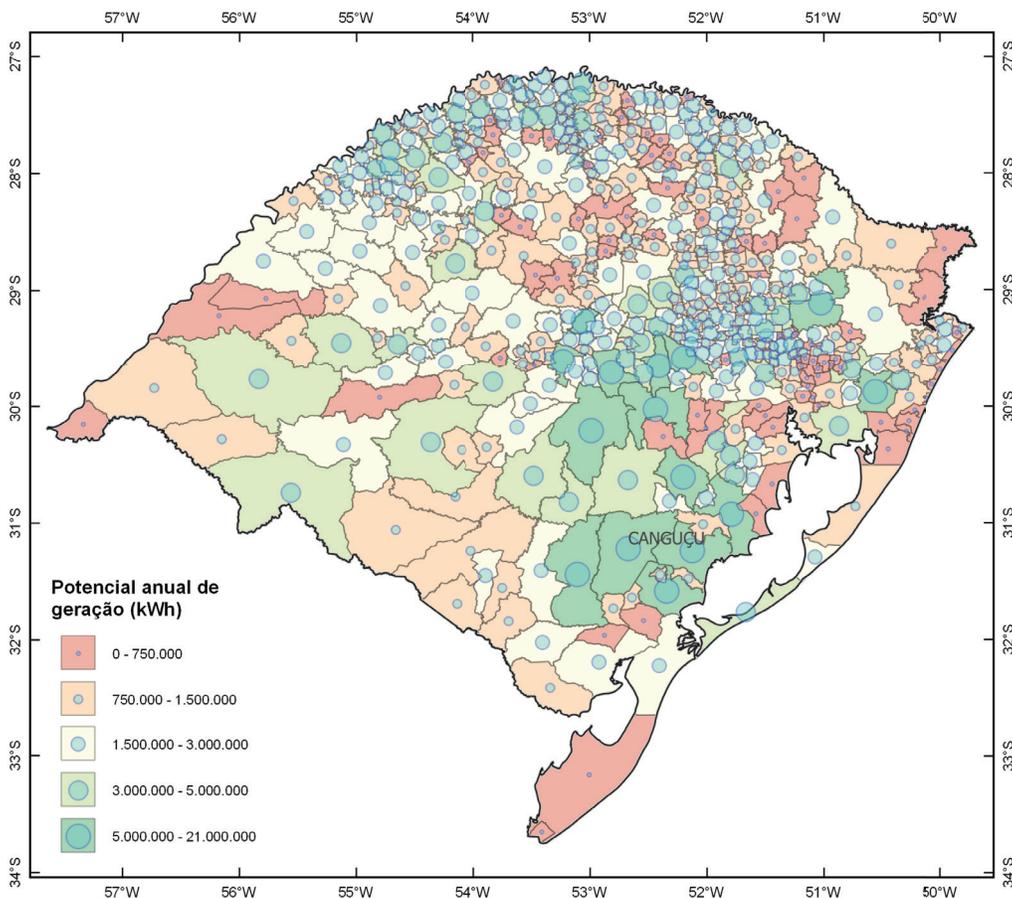


Figura 3. Potencial anual de geração fotovoltaica em estabelecimentos rurais com um módulo gerador de 2 kWh.

Referências

ANEEL. **Resolução Normativa n. 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <http://aneel.gov.br/cedo/ren2012482.pdf> Acesso em: 15 abr. 2019.

BIASI, A. F.; MARIANI, L. F.; PICINATTO, A. G.; ZANK, J. C. C. **Energias renováveis na área rural da região sul do Brasil**. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2018. 202 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018 ano base 2017**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética, 2018a.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2027**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética, 2018b. 2v.: il.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Energia solar no Brasil e no mundo: ano de referência 2016**. Brasília, DF, 2016. Boletins de Energia, edição de 16 out. 2017. Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/boletins-de-energia?p_p_id=20&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_20_struts_action=%2Fdocument_library%2Fview_file_entry&_20_redirect=http%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fpublicacoes-e-indicadores%2Fboletins-de-energia%3Fp_p_id%3D20%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26_20_entryEnd%3D20%26_20_displayStyle%3Ddescriptive%26_20_viewEntries%3D1%26_20_viewFolders%3D1%26_20_expandFolder%3D0%26_20_folderStart%3D0%26_20_action%3DbrowseFolder%26_20_struts_action%3D%252Fdocument_library%252Fview%26_20_folderEnd%3D50%26_20_entryStart%3D0%26_20_folderId%3D3580498&_20_fileEntryId=3918533. Acesso em: 16 ago. 2018.

BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M. da; NAVARRO, Z. (Ed.). **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 1182 p.

IBGE. Censo Agropecuário. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Tabela 840. Número de estabelecimentos e Área dos estabelecimentos agropecuários por condição do produtor em relação às terras, grupos de área total, existência de CNPJ, associação à cooperativa e/ou à entidade de classe e direção do estabelecimento. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/840>. Acesso em: 26 ago. 2019a.

IBGE. Censo Agropecuário. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Tabela 6710. Número de estabelecimentos agropecuários, Área dos estabelecimentos agropecuários, por condição legal das terras, condição legal do produtor, direção dos trabalhos do estabelecimento agropecuário e grupos de área total - resultados preliminares 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6710>. Acesso: em 26 ago. 2019b.

LIMA, D. de B. **Cooperativas de energia: guia de constituição de cooperativas de geração distribuída fotovoltaica**. Brasília, DF: Sistema OCB, Cooperação Alemã, Giz, DGRV, 2018. 44 p. (Cartilha, 2B).

REISSER JUNIOR, C.; AZEVEDO, R. M. de; STEINMETZ, S.; ALMEIDA, I. R. de; CUADRA, S. V.; BÖHMER, C. R. K.; VIANNA FILHO, J. D. **Geração distribuída de energia elétrica no meio rural familiar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2019. 16 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 319).

WREGGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de (Ed.). **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. 333 p. il. Color

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

1ª edição
 Obra digitalizada



MINISTÉRIO DA
 AGRICULTURA, PECUÁRIA
 E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações
 da Embrapa Clima Temperado

Presidente

Ana Cristina Richter Krolow

Vice-Presidente

Marcia Vizzotto

Secretária-Executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Membros

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

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica

Fernando Jackson

Foto da capa

Paulo Lanzetta