

A integração da Exploração dos Recursos Energéticos Renováveis: Potenciais Econômicos e Ambientais

José Wagner Maciel Kaehler

Prof. Dr. Eng. Eletricista



Visão Integrada do Sistema Eletroenergético

❖ **Demanda de Energia**

- **Urbana**
- **Edificações**
- **Meio Rural**

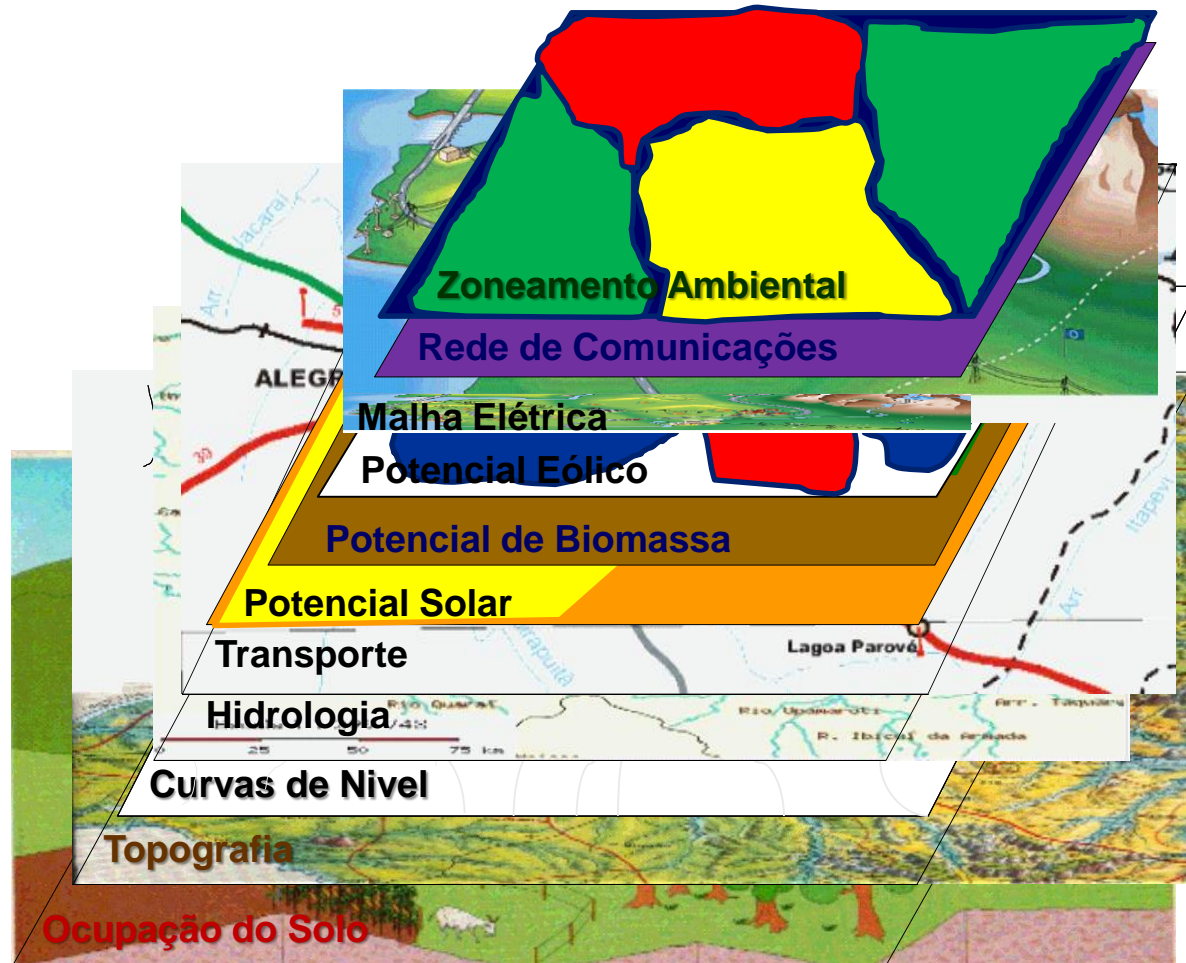
❖ **Oferta de Energia Renovável**

- **Hidráulica**
- **Solar**
- **Eólica**
- **Biomassa**

❖ **Transporte e Distribuição de Energia**

- **Linhas de Transmissão e Subestações**
- **Redes de Distribuição em MT e BT**

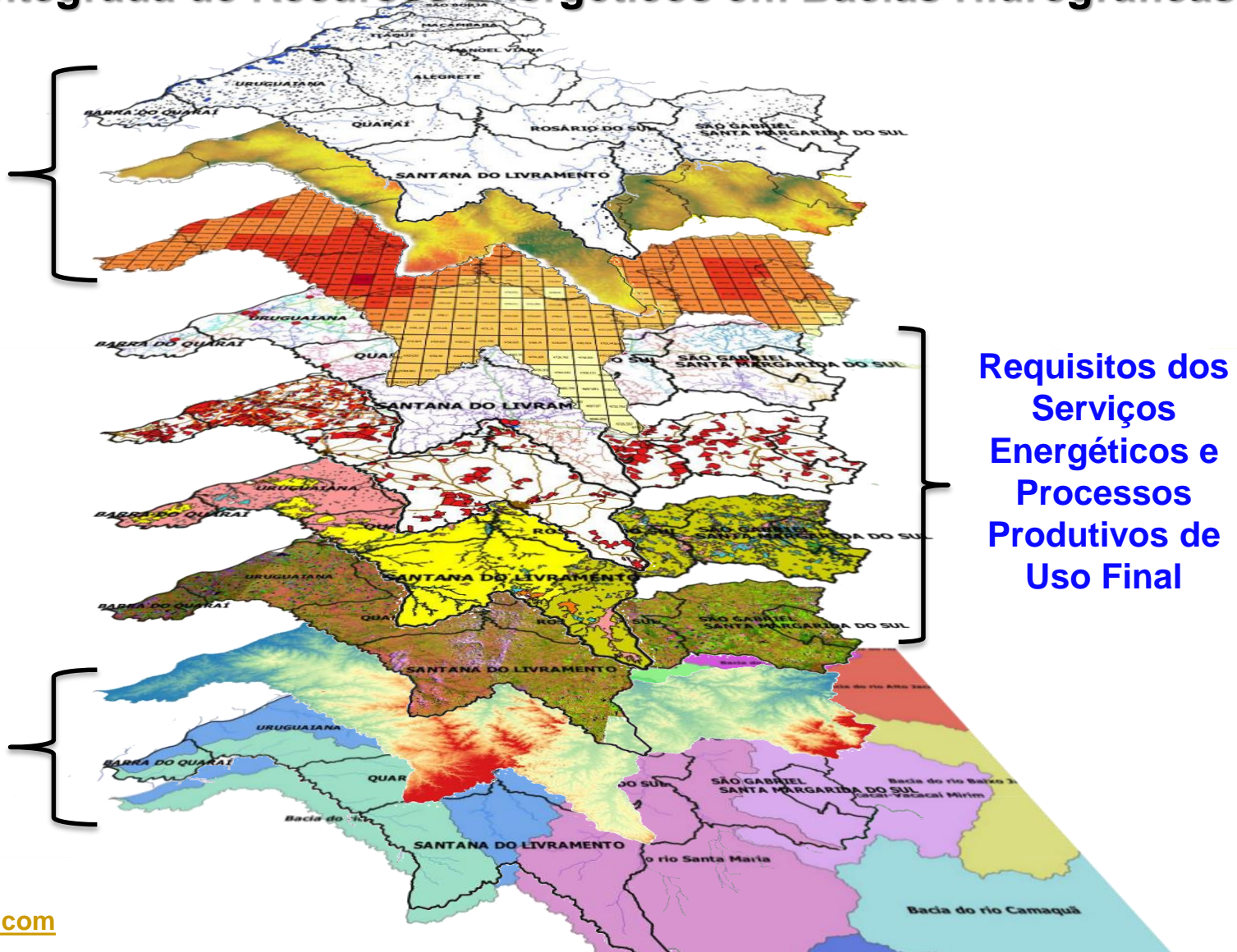
Planejamento Integrado da Exploração dos Recursos Energéticos com enfoque em Bacias Hidrográficas



Exploração Integrada de Recursos Energéticos em Bacias Hidrográficas

Recursos Energéticos Renováveis e Alternativos

Conformação Física e Ocupação do Terreno



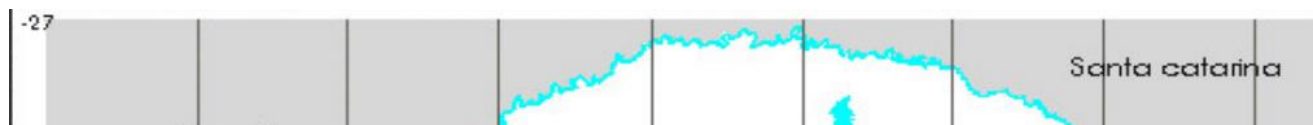
Requisitos dos Serviços Energéticos e Processos Produtivos de Uso Final

Fronteira Oeste do RGS



**Demandas de Energia
Elétrica**

Mercado de Energia Elétrica: Orizicultura

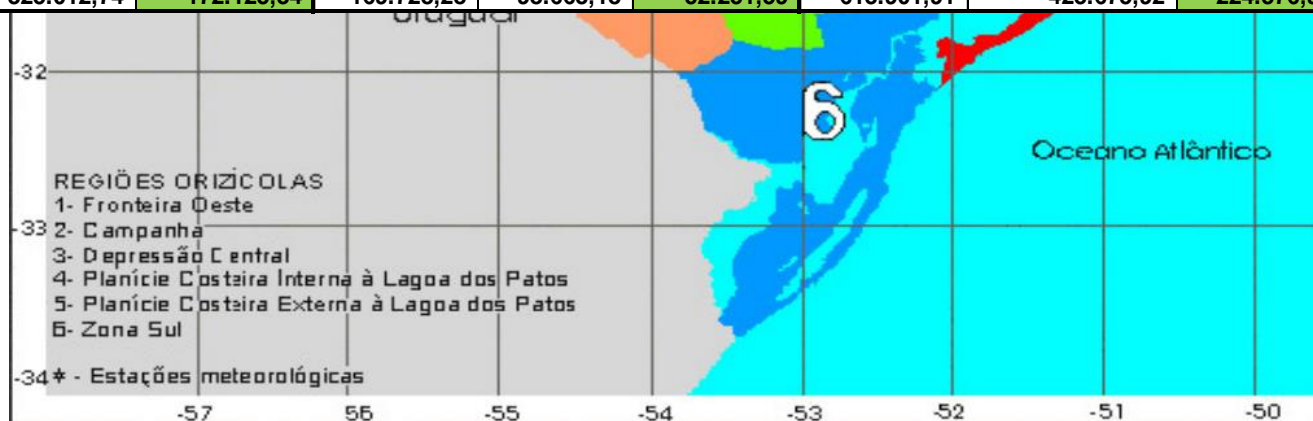


Colhido por Regiões e RS - Verificado 2016 - 2017	Sistema Elétrico			Sistema Diesel			TOTAL DE IRRIGAÇÃO MECANIZADA		
	Potência Instalada		Com Medidas de Eficiência Energética	Potência Instalada		Com Medidas de Eficiência Energética	Potência Instalada		Com Medidas de Eficiência Energética
	CV's	kW	kW	CV's	kW	kW	CV's	kW	kW
CAMPANHA	15.542,86	11.373,09	6.023,14	41.074,87	23.876,85	12.645,08	56.617,73	35.249,95	18.668,22
DEPRESSÃO CENTRAL	37.057,47	27.115,86	14.360,44	26.264,69	15.267,68	8.085,70	63.322,16	42.383,55	22.446,14
FRONTEIRA OESTE	171.804,94	125.713,89	66.577,53	57.577,44	33.469,81	17.725,47	229.382,39	159.183,70	84.303,00
PLANÍCIE COSTEIRA EXTERNA	60.841,56	44.519,26	23.577,21	12.849,09	7.469,19	3.955,65	73.690,65	51.988,45	27.532,86
PLANÍCIE COSTEIRA INTERNA	55.490,03	40.603,42	21.503,39	11.448,43	6.654,98	3.524,45	66.938,46	47.258,40	25.027,84
ZONA SUL	103.436,75	75.687,21	40.083,62	20.513,77	11.924,67	6.315,25	123.950,52	87.611,88	46.398,87
RS - TOTAL	444.173,63	325.012,74	172.125,34	169.728,28	98.663,18	52.251,59	613.901,91	423.675,92	224.376,93

Elaboração do Autor

Referências:

Estatísticas do IRGA

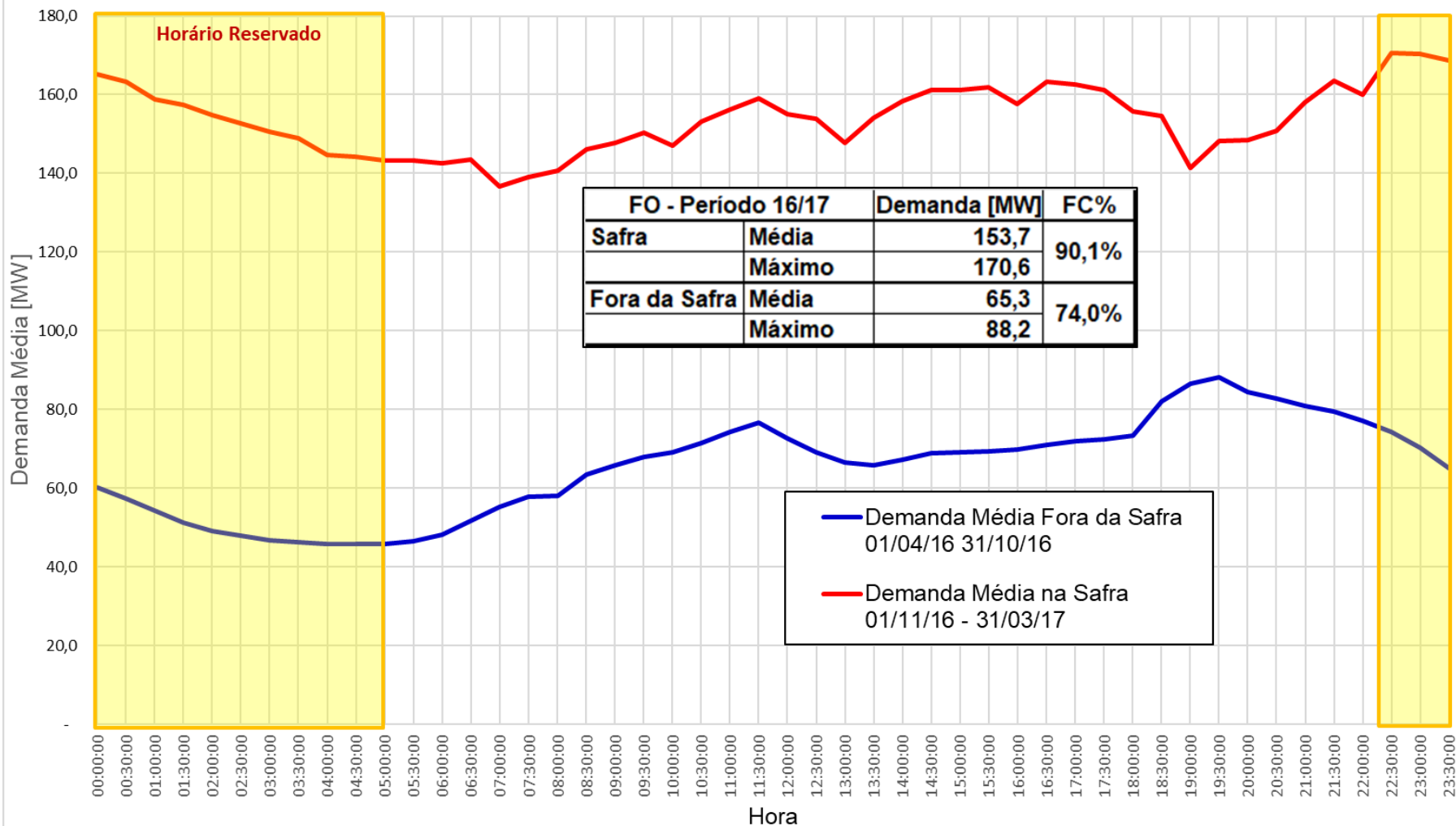


Sistemas de Bombeamento Mecânico

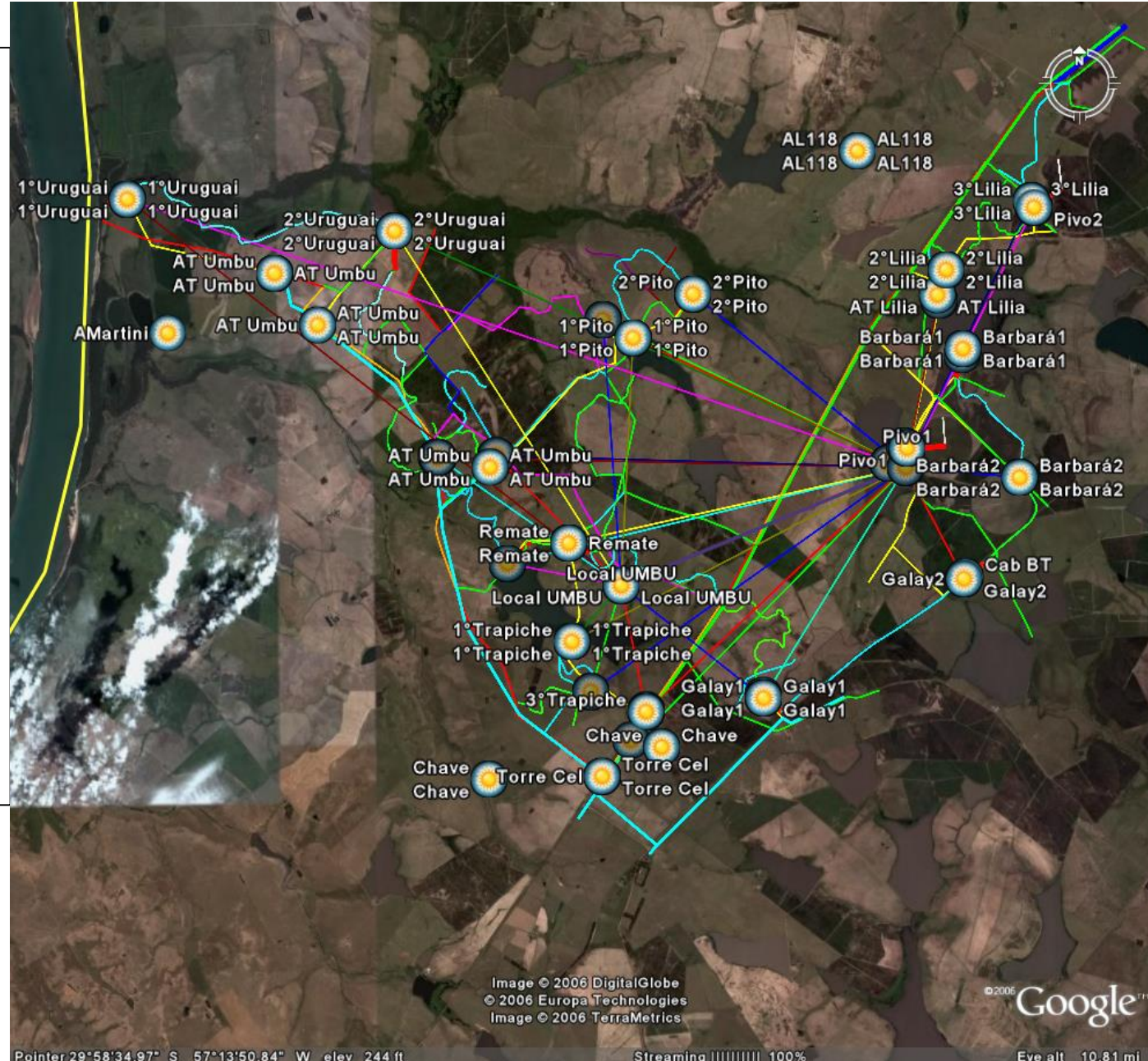


Serviços Energéticos de Uso Final: Irrigação Mecanizada

Impacto da Carga de Levante Hidráulico na Fronteira Oeste do Estado do RGS
Carregamento dos Transformadores de Alegrete 2, Maçambará, Uruguiana 5 e São Borja 2



Gestão Integrada de Recursos Energéticos focado em Bacias Hidrográficas
Estrutura Geofísica de uma lavoura de arroz



Gestão Integrada de Recursos Energéticos focado em Bacias Hidrográficas Conformação Eletrogeográfica associada à Capacidade de Atendimento, Qualidade e Continuidade na prestação de serviços

DEC – Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora

DHT – Distorção Harmônica Total

DIC – Duração de interrupção individual por unidade consumidora

DICRI – duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão

DMIC – Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou ponto de conexão

FDT – Fator de Desequilíbrio de Tensão

FEC – Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora

FIC – Frequência de interrupção individual por unidade

ICTP – Índice Coletivo de Unidades Consumidoras com Tensão Precária

VTCD – Variações de Tensão de Curta Duração

VTLD – Variações de Tensão de Longa Duração

Fronteira Oeste do RGS



Recursos Hidráulicos

**GEOFÍSICO
GRETE/RS**



Município	Açude		Barragem	
	Quantidade	Volume [m ³]	Quantidade	Volume [m ³]
Alegrete	307	1.609.982.150,73	200	8.995.116.916,59
Barra do Quaraí	80	77.106.428,02	19	34.506.954,00
Cacequi	115	51.762.522,96	84	61.260.948,68
Jaguarí	100	953.108,98	2	740,00
Maçambará	75	42.297.991,88	56	7.928.774.094,59
Manoel Viana	41	1.260.742,16	9	3.320.237,94
Nova Esperança do Sul	116	376.571,55	4	276.902,00
Quaraí	47	2.389.813.996,73	49	30.623.998,55
Rosário do Sul	134	50.139.151,20	98	43.245.747,75
Santana do Livramento	247	26.576.228,23	27	17.017.654,66
São Borja	303	192.343.657,68	112	92.423.518,78
São Francisco de Assis	244	3.774.893,38	6	1.824.131,18
São Vicente do Sul	115	5.266.046,25	21	14.226.307,89
Uruguaiana	494	831.052.052,53	78	184.807.356,57
TOTAL	2418	5.282.705.542,28	765	17.407.425.509,18
TOTAL GERAL			3183	22.690.131.051,46

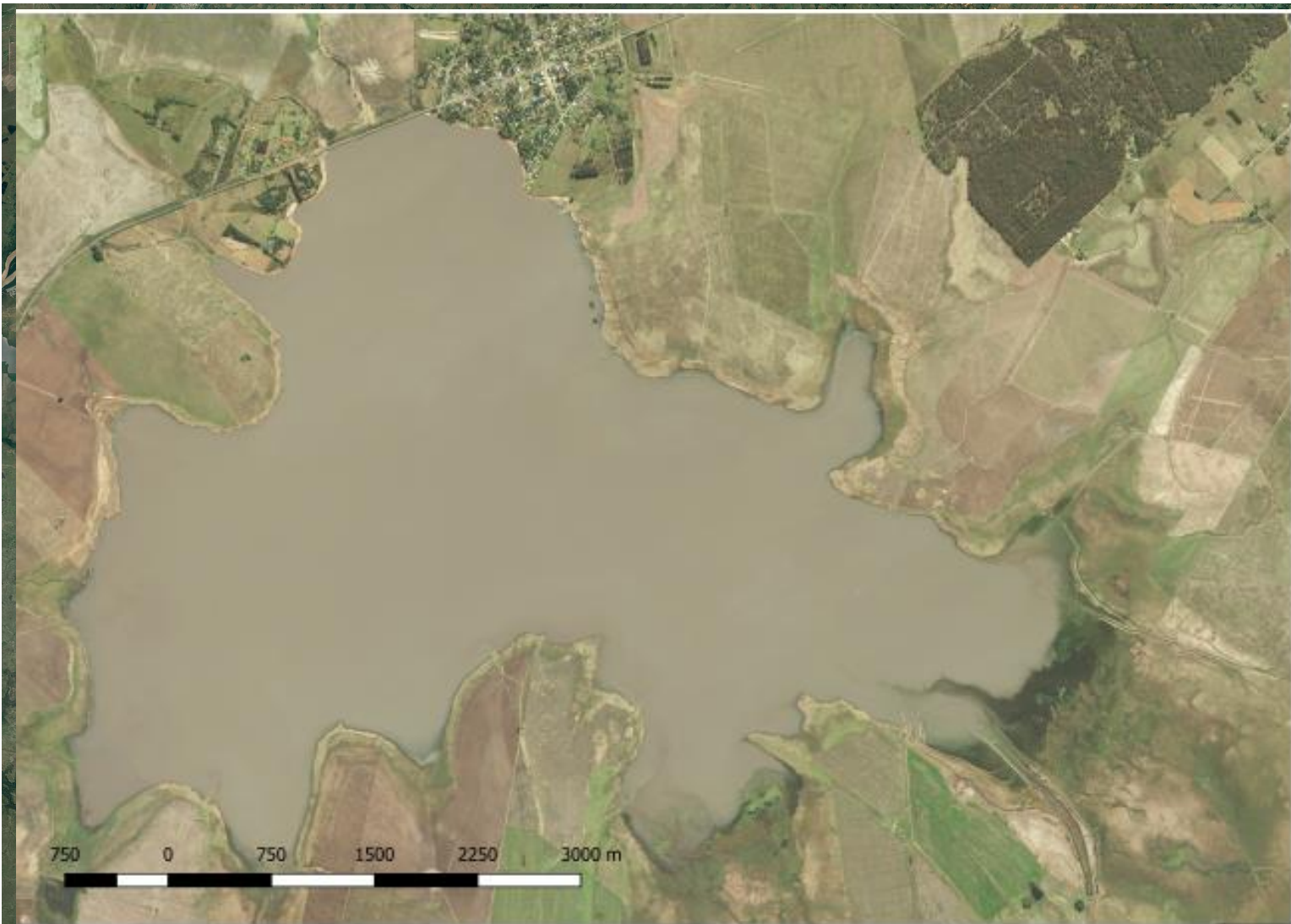
Elaboração do Autor
Referências:
Cadastro SIOUT - FEPAM



Municípios_Front_Oeste
Google Satellite

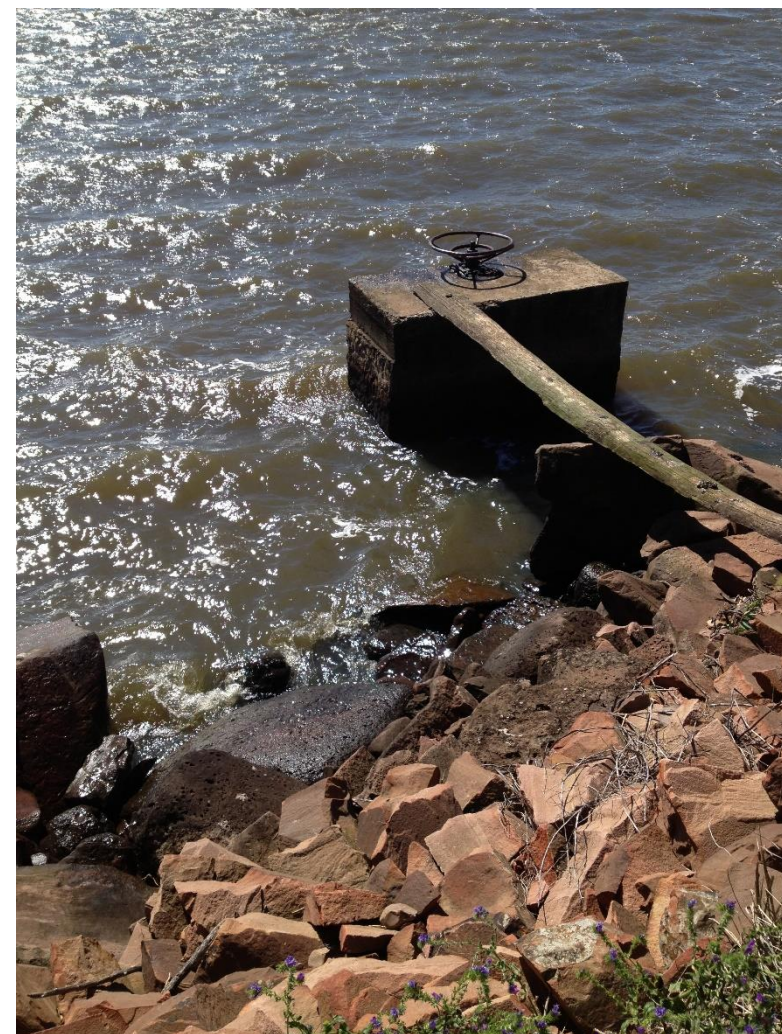


Barragens e Açudes focados na Orizicultura



Sistemas Hidrelétricos na Irrigação Natural

Potencial de Reaproveitamento Hidráulico para a expansão da Irrigação ou produção de Energia Elétrica



Canais de Fundo

Sistemas Hidrelétricos na Irrigação Natural

Canais de Fundo

Potencial de Reaproveitamento
Hidráulico para a expansão da
Irrigação ou produção de Energia
Elétrica



Sifões



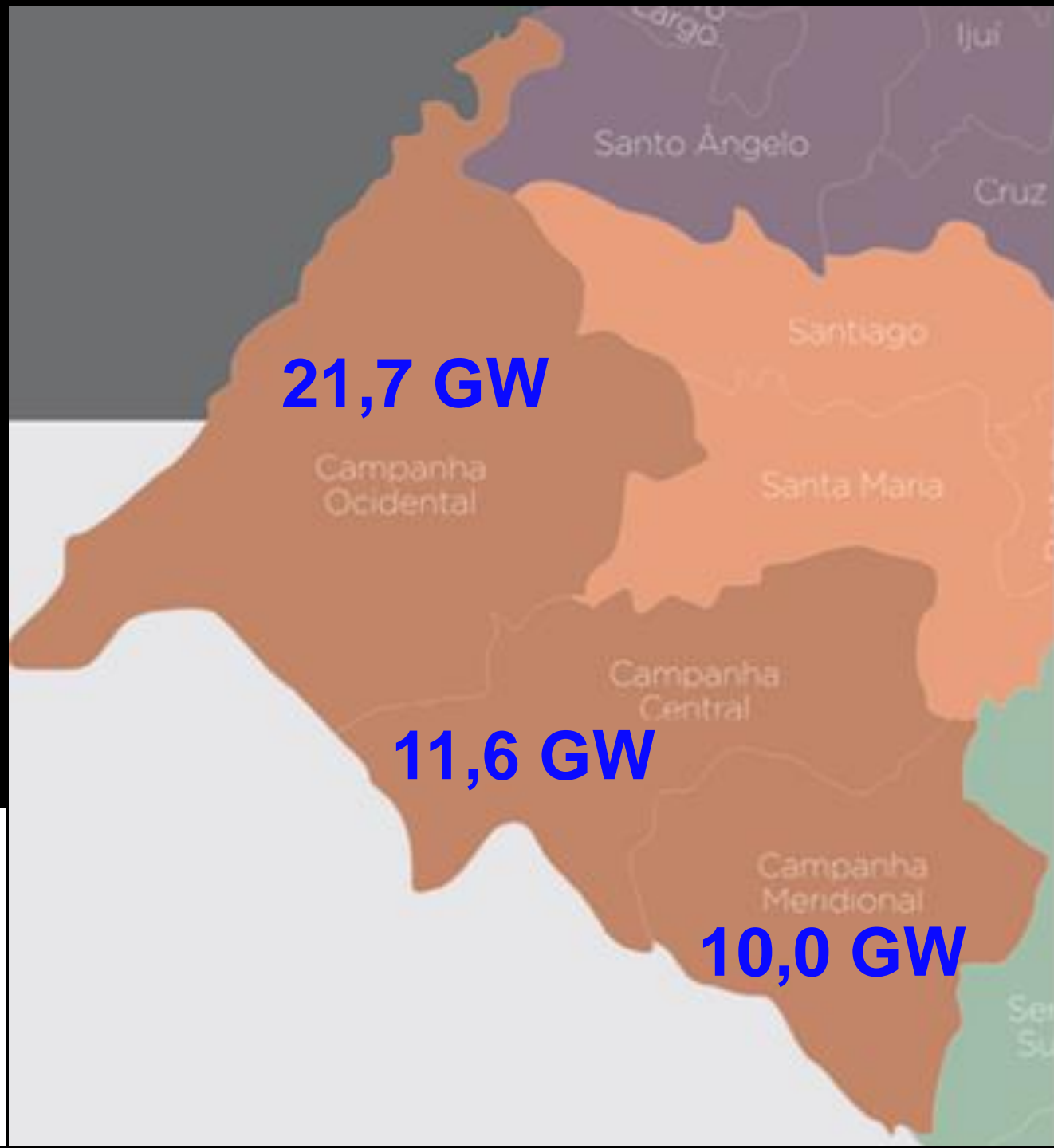
Fronteira Oeste do RGS

Recursos Eólicos

POTENCIAL EÓLICO

Campanha

43,2 GW

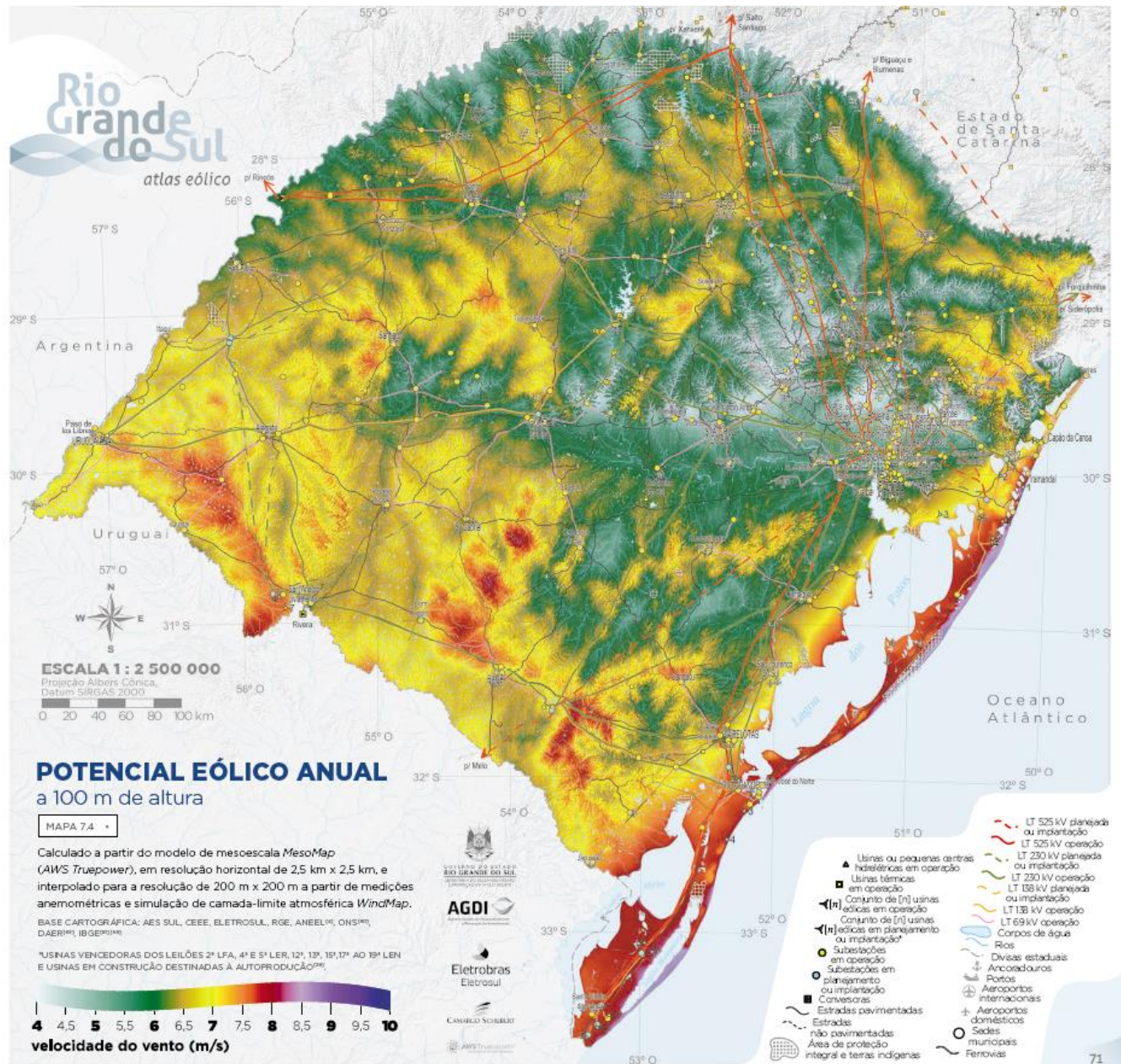


MESORREGIÃO	MICRORREGIÃO	CAPACIDADE INSTALÁVEL (GW)	PRODUÇÃO ANUAL DE ENERGIA (MWh)
SUDOESTE RIO-GRANDENSE	Campanha Ocidental	21,66	81.616
	Campanha Central	11,55	43.162
	Campanha Meridional	9,99	37.188
	TOTAL	43,20	161.996

POTENCIAL EÓLICO

por município

RANKING	MUNICÍPIO	POTENCIAL (GW) 100 m
1º	Santa Vitória do Palmar	9,99
2º	Uruguaiana	7,24
3º	Alegrete	7,05
4º	Sant'Ana do Livramento	7,03
5º	Rio Grande	5,74
6º	Quaraí	4,74
7º	Dom Pedrito	4,62
8º	Arroio Grande	4,57
9º	Mostardas	3,78
10º	Jaguarão	3,58

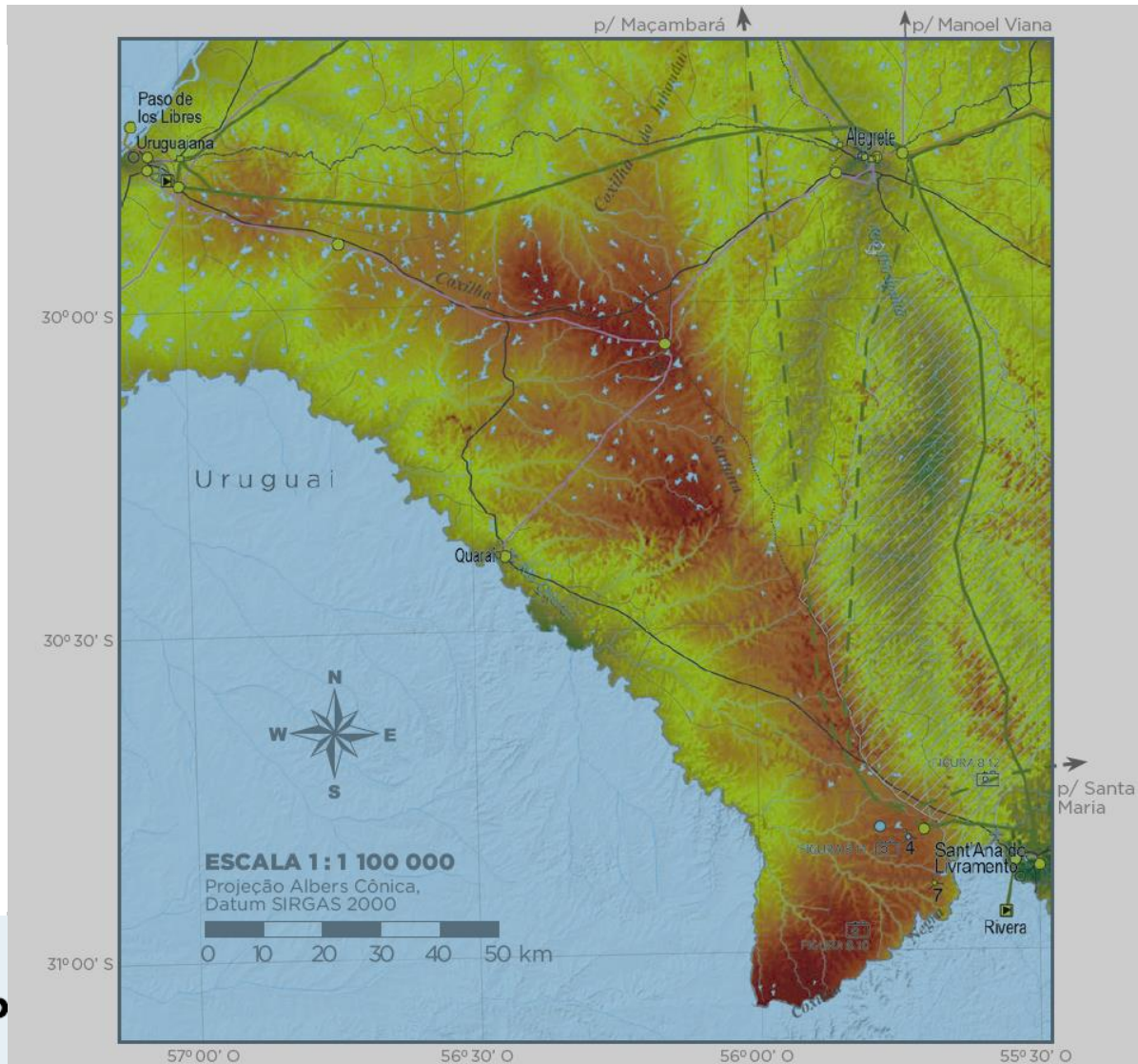
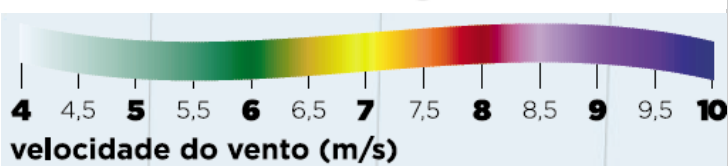


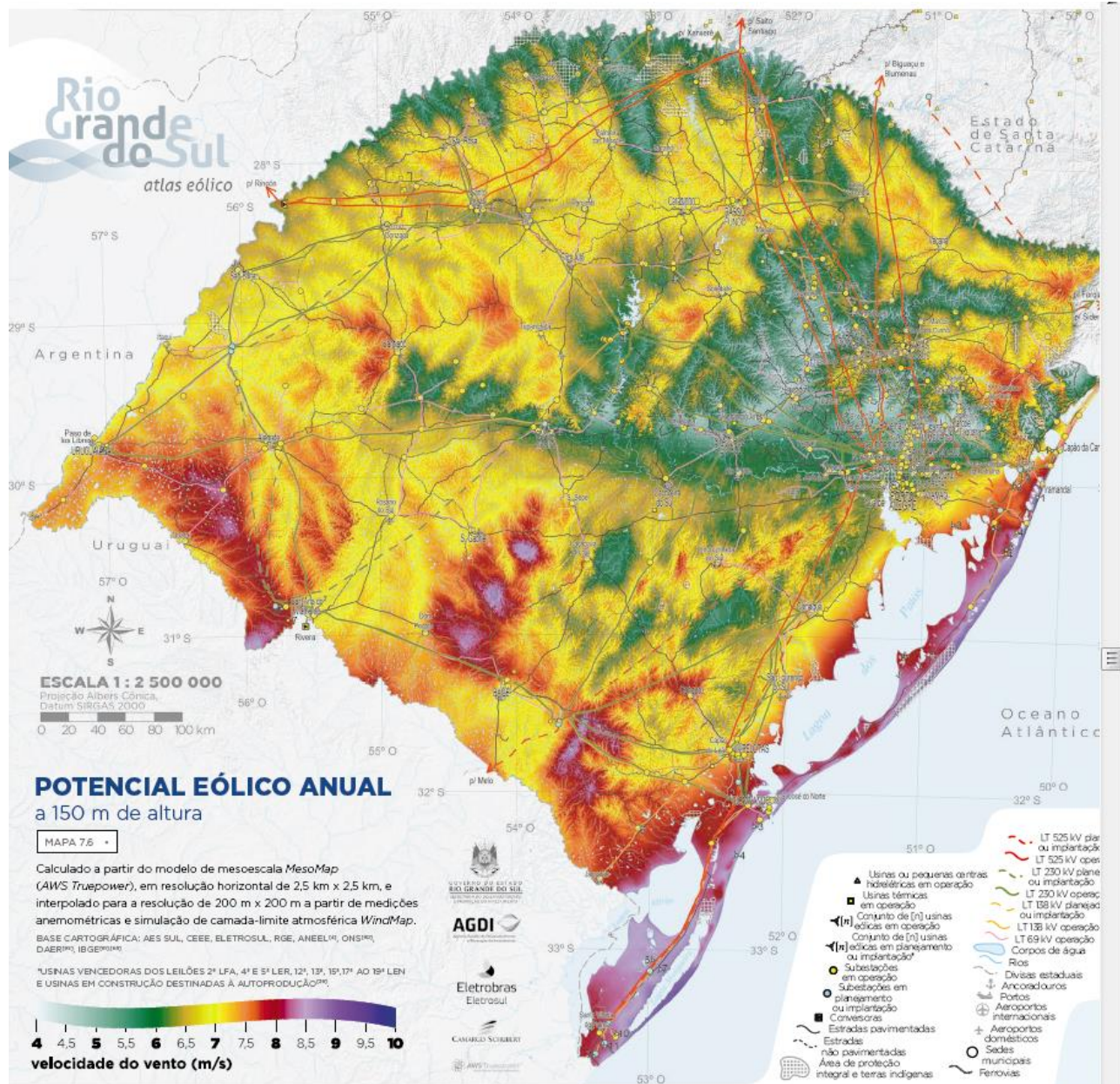
Fronteira Oeste e Campanha: Potencial Eólico

20

Potencial eólico estimado, a 100 m de altura, para locais com velocidades médias do vento superiores a 7,0 m/s:

23 GW





Fronteira Oeste e Campanha: Performance dos Complexos Eólicos no RGS em Julho 2018

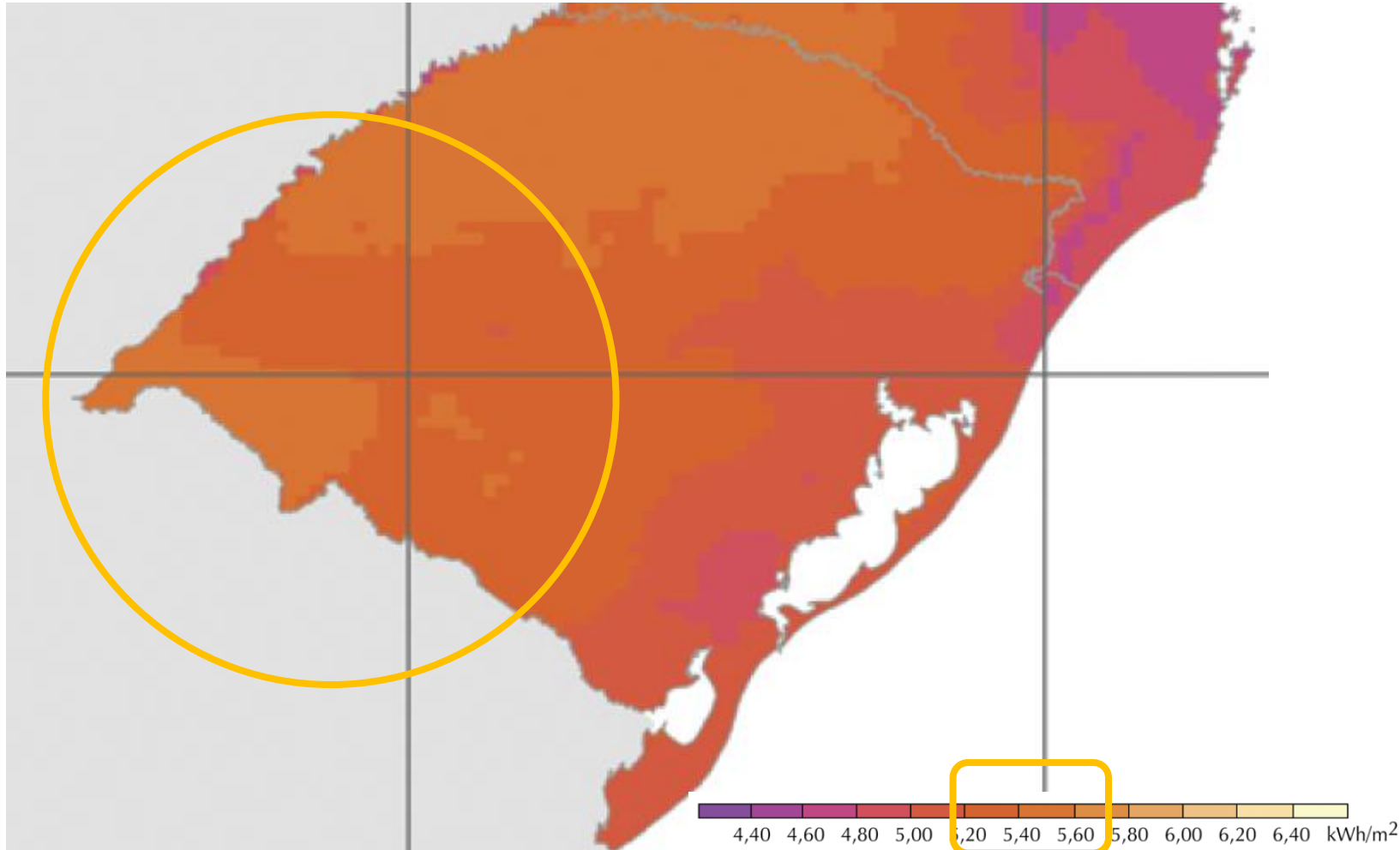
Ponto de Conexão	Usina/Conjunto	Geração Média (MWmed) ⁽¹⁾				Fator Cap. Verificado (%) ⁽¹⁾⁽²⁾				Potência Nominal (MW) ⁽³⁾	Garantia Física (MW) ⁽⁴⁾	Fator Cap. Previsto (%) ⁽⁵⁾	Início da Operação Comercial ⁽⁶⁾
		2017	Últ. 12 Meses	2018	Mês Atual	2017	Últ. 12 Meses	2018	Mês Atual				
Atlântida 2 - 69 kV	UEE Xangri-lá	9,0	8,6	7,0	8,5	32,7%	31,0%	25,4%	30,6%	27,675	-	-	11/12/2014
Livramento 2 - 230 kV	Conj. Livramento 2*	65,8	61,5	53,9	76,6	40,3%	37,7%	33,0%	46,9%	163,2	85,49	52,4%	20/11/2013
Marmeleiro 2 - 525 kV	Conj. Marmeleiro 2	73,5	97,0	93,3	116,7	47,9%	47,3%	45,1%	56,4%	207,0	101,80	49,2%	16/11/2016
Osório 2 - 230 kV	Conj. Atlântica	51,6	48,8	41,8	47,9	43,0%	40,7%	34,9%	40,0%	120	52,70	43,9%	05/11/2013
Osório 2 - 230 kV	Conj. Lagoa dos Barros	99,7	92,4	76,6	94,0	31,4%	29,1%	24,1%	29,6%	317,9	113,17	35,6%	01/05/2017
Osório 2 - 69 kV	UEE Cidreira I	25,5	24,1	19,9	23,2	36,5%	34,4%	28,4%	33,1%	70	25,15	35,9%	21/05/2011
Quinta - 138 kV	Conj. Quinta 138 kV	44,9	43,2	41,4	50,9	41,6%	40,0%	38,3%	47,2%	108	53,00	49,1%	21/11/2014
Quinta - 69 kV	Conj. Quinta 69 kV	24,5	24,1	21,4	27,6	38,3%	37,7%	33,5%	43,1%	64	27,70	43,3%	29/12/2014
S. V. do Palmar 2 - 525 kV	Conj. Santa Vitória do Palmar	222,7	217,5	193,7	242,4	38,2%	37,3%	33,2%	41,6%	582,79	247,80	42,5%	05/08/2014
Viamão 3 - 230 kV	Conj. Viamão 3	21,0	21,0	18,6	23,3	35,1%	35,2%	31,1%	38,9%	59,8	-	-	01/01/2017

Fronteira Oeste do RGS

Recursos Solares



Média Anual da Radiação Solar em Plano Inclinado



Geração Distribuída Conectada à rede na Fronteira Oeste (Resoluções ANEEL 482/2012 e 687/2015)

Município	Solar Fotovoltaico				Eólico	
	Quantidade	Participação na Quantidade	Potência Instalada [kW]	Participação na Capacidade	Quantidade	Potência Instalada [kW]
Alegrete	33	10,6%	512	14,4%		
Barra do Quaraí	1	0,3%	13	0,4%		
Cacequi	7	2,3%	166	4,7%		
Itaqui	20	6,5%	86	2,4%		
Maçambará	2	0,6%	24	0,7%		
Manoel Viana	5	1,6%	32	0,9%		
Nova Esperança do Sul	5	1,6%	133	3,7%		
Quaraí	3	1,0%	38	1,1%		
Rosário do Sul	11	3,5%	122	3,4%		
Santana do Livramento	13	4,2%	208	5,8%	3	14,8
Santiago	41	13,2%	364	10,2%		
São Borja	91	29,4%	1.253	35,1%		
São Gabriel	44	14,2%	310	8,7%		
São Vicente do Sul	1	0,3%	5	0,1%		
Uruguaiana	33	10,6%	302	8,5%		
Total	310	100,0%	3.567	100,0%	3	15
Total Geral					313	3.582

Compilado pelo autor

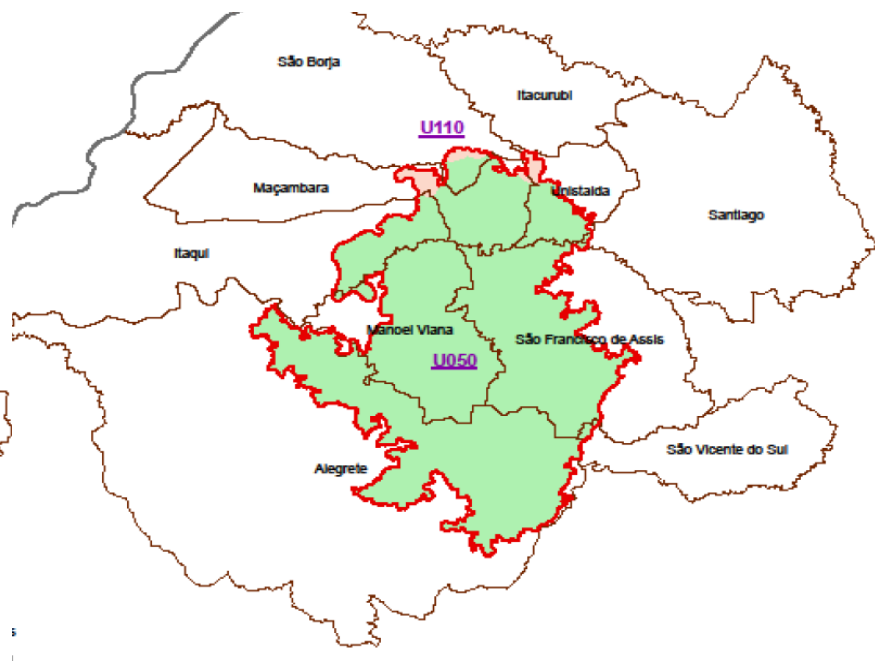
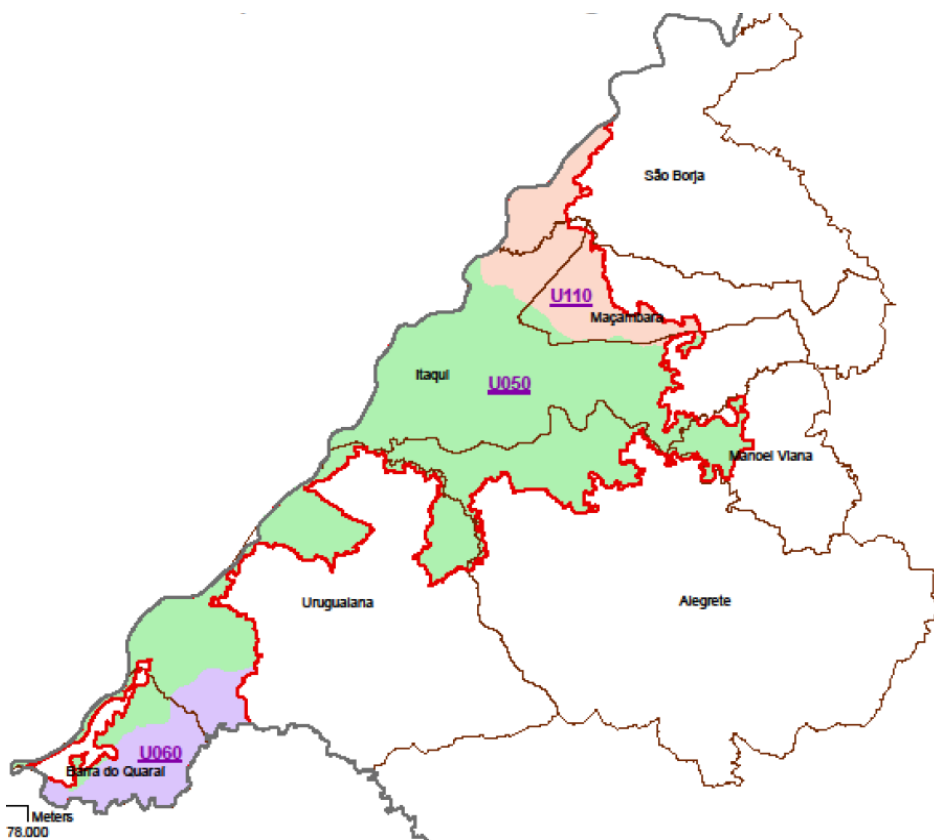
Fonte: ANEEL – BIG 25/09/2018

A landscape photograph showing a dense green forest in the middle ground, with rolling hills and a cloudy sky in the background. In the foreground, a grassy field contains several sheep grazing. The text 'Fronteira Oeste do RGS' is overlaid in white on the forest.

Fronteira Oeste do RGS

Recursos da Biomassa

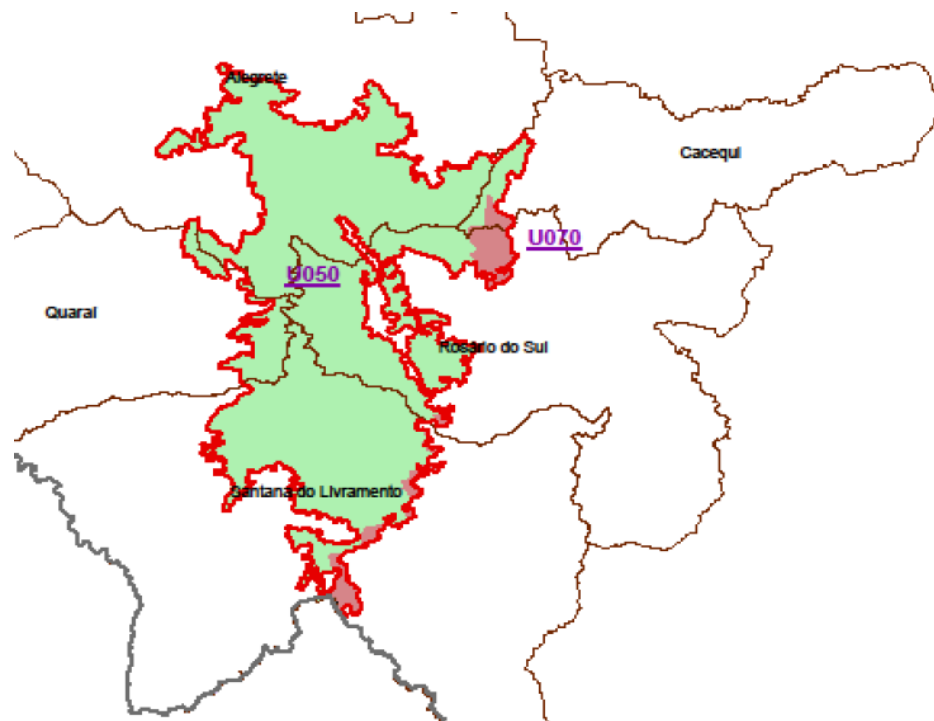
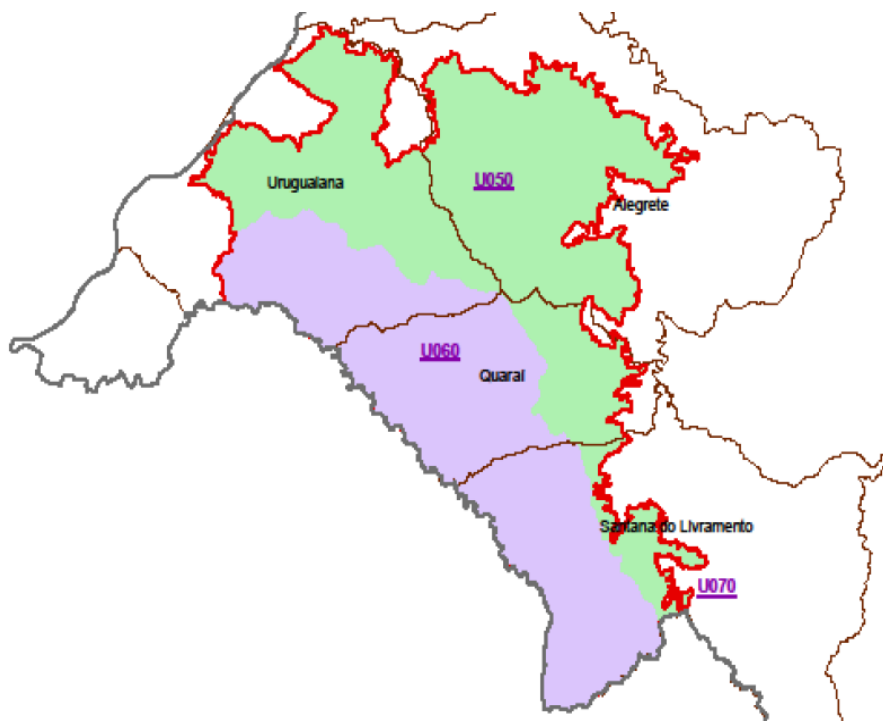
Zoneamento Ambiental para a Silvicultura



UPN	Bacia Hidrográfica	Sigla	Percentual Máximo para Silvicultura	Área para Uso por Silvicultura (ha)	Tamanho Máximo de Maciço (ha)	Distâncias Mínimas (Km)
PC2	Butuí-Icamaqua	U110	7,2%	8.438	1.600	1,4
PC2	Ibicui	U050	10,8%	58.140	1.600	1,4
PC2	Quarai	U060	16,5%	14.462	1.600	1,4

UPN	Bacia Hidrográfica	Sigla	Percentual Máximo para Silvicultura	Área para Uso por Silvicultura (ha)	Tamanho Máximo de Maciço (ha)	Distâncias Mínimas (Km)
PC3	Butuí-Icamaqua	U110	7,2%	835	2.000	1,4
PC3	Ibicui	U050	10,8%	59.595	2.000	1,4

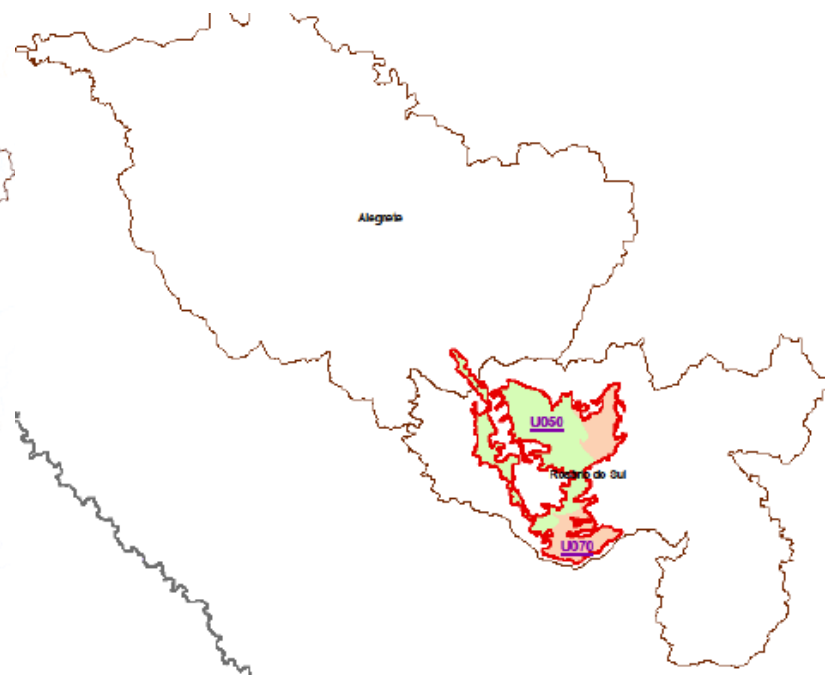
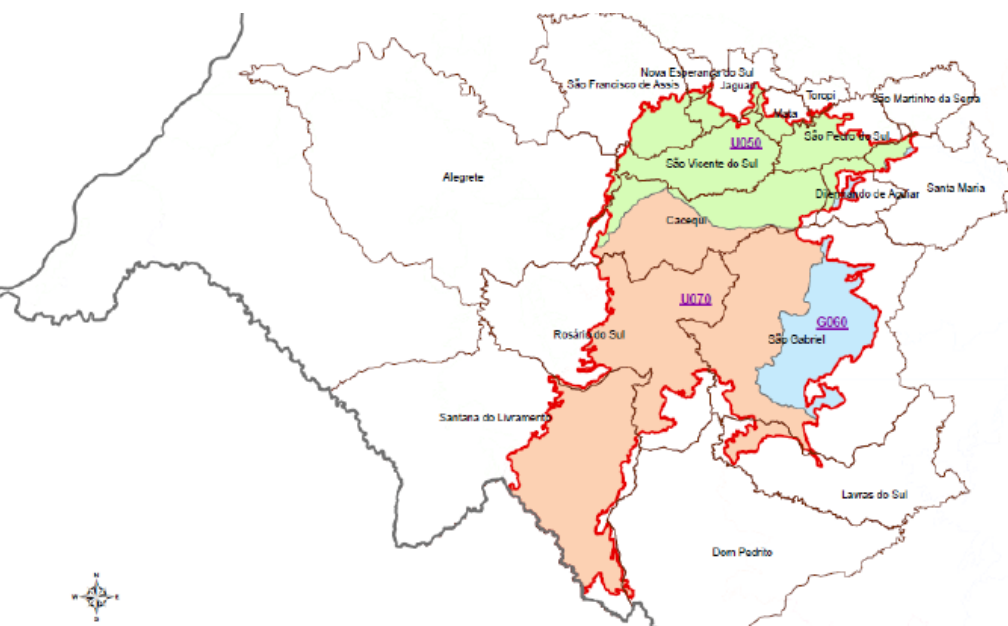
Zoneamento Ambiental para a Silvicultura



UPN	Bacia Hidrográfica	Sigla	Percentual Máximo para Silvicultura	Área para Uso por Silvicultura (ha)	Tamanho Máximo de Maciço (ha)	Distâncias Mínimas (Km)
PC4	Ibicuí	U050	9,7%	70.351	1.600	1,7
PC4	Quaraí	U060	14,9%	86.494	1.600	1,7
PC4	Santa Maria	U070	9,7%	23	1.600	1,7

UPN	Bacia Hidrográfica	Sigla	Percentual Máximo para Silvicultura	Área para Uso por Silvicultura (ha)	Tamanho Máximo de Maciço (ha)	Distâncias Mínimas (Km)
PC5	Ibicuí	U050	7,6%	29.973	1.600	2,1
PC5	Santa Maria	U070	10,2%	2.596	1.600	2,1

Zoneamento Ambiental para a Silvicultura



UPN	Bacia Hidrográfica	Sigla	Percentual Máximo para Silvicultura	Área para Uso por Silvicultura (ha)	Tamanho Máximo de Maciço (ha)	Distâncias Mínimas (Km)
DP2	Ibicui	U050	10,8%	43.055	2.000	1,4
DP2	Santa Maria	U070	10,9%	90.154	2.000	1,4
DP2	Vacacai-Vacacai Mirim	G060	9,7%	15.717	2.000	1,4

UPN	Bacia Hidrográfica	Sigla	Percentual Máximo para Silvicultura	Área para Uso por Silvicultura (ha)	Tamanho Máximo de Maciço (ha)	Distâncias Mínimas (Km)
DP6	Ibicui	U050	7,6%	3.504	Porte mínimo	
DP6	Santa Maria	U070	7,6%	1.987	Porte mínimo	

Silvicultura



Historicamente, a região mantém florestas plantadas principalmente com eucalipto, na produção de postes, moirões, travessas e lenha.

O Polo Fronteira Oeste Empresarial surgiu nos últimos anos com plantios de Eucalipto realizados na Fronteira Oeste e Campanha para a implantação de uma fábrica de celulose na região, a qual não se concretizou, por questões fronteiriças.



- 4- Alto Uruguai
- 5- Zona Sul / Campanha
- 6- Fronteira Oeste

Resíduos da Orizicultura

Casca de Arroz



Palha do Arroz - Resteva



Usinas Termoelétricas da Fronteira Oeste

USINAS Termelétricas a Casca de Arroz em Operação na FO

Usina	Data Operação	Potência (kW)	Destino da Energia	Município
Itaqui	08/03/2001	4.200	PIE	Itaqui - RS
Urbano São Gabriel	04/11/1995	2.220	REG	São Gabriel - RS
CAAL	04/12/2012	3.825	PIE	Alegrete - RS
SVA	01/12/2008	4.900	REG	Alegrete - RS
São Borja	25/11/2011	12.500	PIE	São Borja - RS
Camil Alimentos - Camaquã	08/09/2008	4.000	REG	Itaqui - RS
Engenho Coradini	05/04/2010	1.200	REG	Dom Pedrito - RS
Total: 7 Usina(s)		32.845 kW		



Potencial de Produção de Energia Elétrica a partir do Resíduos do Arroz por Região do RS (Safrá 2016/2017)

Região	Produção de Arroz Irrigado	Arroz Beneficiado	Casca resultante do beneficiamento	Potencial de Produção de Energia Elétrica (MWh)		Potencial de Aproveitamento da Palha do Arroz (Resteva)	
	Toneladas [T]	Toneladas [T]	22%	1,61 T/MWh	MW _{médios}	1,61 T/MWh	MW _{médios}
Fronteira Oeste	2.671.084	2.529.385,92	556.464,90	344.677,73	39,35	1.819.934,18	207,76
Campanha	1.371.594	1.298.832,44	285.743,14	176.991,03	20,20	934.531,00	106,68
Central	1.056.580	1.000.529,59	220.116,51	136.341,50	15,56	719.897,26	82,18
PL. COST. INTERNA	1.130.120	1.070.168,37	235.437,04	145.831,13	16,65	770.003,50	87,90
PL. COST. EXTERNA	960.050	909.120,40	200.006,49	123.885,23	14,14	654.126,87	74,67
ZONAL SUL	1.557.397	1.474.778,79	324.451,33	200.967,12	22,94	1.061.127,26	121,13
Total	8.746.825	8.282.816	1.822.219	1.128.694	129	5.959.620	680

Elaboração do Autor

Referências: Estatísticas do IRGA e da CAAL - Alegrete

Recomendação: Investir na melhoria do processo de combustão do resíduo agrícola, particularmente na gaseificação e na biodigestão da palha (resteva)

Fronteira Oeste do RGS

Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica

Sistema de Transmissão e Subtransmissão da Fronteira Oeste



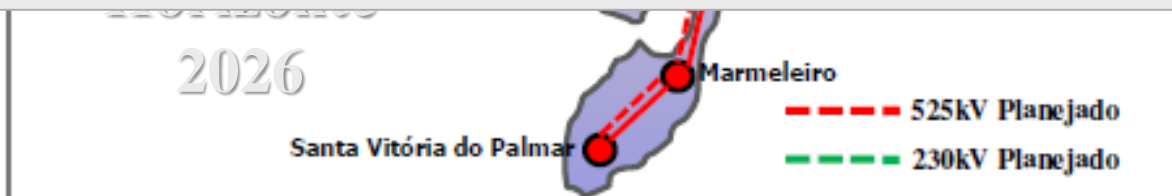
Garabi

Nos últimos 10 anos foram desativadas 6 UTE's, perfazendo 1.178 MW. Considerando que operavam com um Fator de Capacidade - FC de 85%, isto implicou numa redução de 1.000 GW médios no Sistema de Transmissão existente.

Neste período foram inseridos 10 complexos eólicos, perfazendo 1.735 MW. Considerando o Fator de Capacidade Médio verificado de 37%, implica numa adição de 642,6 MW médios que requerem escoamento pela transmissão.

Logo, o Sistema de Transmissão da Rede Básica ficou com uma folga de 359 MW médios. Isto possibilita uma disponibilidade para instalação de até 968 MW em Sistemas Eólicos, sem sobrecarregar a rede existente.

Vale destacar ainda que esta energia a ser inserida, entraria em contra-fluxo à energia elétrica advinda do Sudeste, reduzindo as perdas e melhorando a performance de tensão do sistema de transmissão do Rio Grande do Sul.



Maturidade Tecnológica do Armazenamento Elétrico e Térmico da Energia



Adaptado de IEA 2014 - Technology Roadmap Energy Storage

Nível de Maturidade Atual da Tecnologia

● Armazenagem de Eletricidade ● Armazenagem Térmica

CONCLUSÕES

- ❖ **A UNIPAMPA através de seus Grupos de Pesquisa contribui para concretizar uma de suas premissas estratégicas: Aportar conhecimento que contribua para o Desenvolvimento Sustentável da Região.**
- ❖ **A exploração Integrada de Recursos Energéticos em Propriedades Rurais constitui-se além da segurança no abastecimento próprio, um novo nicho para o agronegócio: Fazendas Energéticas**
- ❖ **Tanto para o Cliente como para a Concessionária a produção descentralizada de energia de forma integrada constitui-se numa ação do tipo “Ganha – Ganha”**
- ❖ **O SIG facilita o planejamento, evidenciando detalhes, possibilitando o cruzamento de várias informações simultaneamente;**
 - **Permite o tratamento de inúmeras variáveis que se modificam conforme a hora e a estação do ano.**
- ❖ **Romper o Paradigma do Monopólio da Agricultura e Pecuária**

Contato:

Prof. Dr. Eng. José Wagner Maciel Kaehler

Fone: (55) 55-3421.8400 R: 3014

Celular: (55) 55-99985.1948 (55) 55-99680.1505

E-mail: josekaehler@unipampa.edu.br;

wagnerkaehler@gmail.com;

CV LATTES: <http://lattes.cnpq.br/6563881267809751>