

# Informe Técnico-Científico de Prevenção de Desastres e Ordenamento Territorial

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial | Departamento de Gestão Territorial

V. 4, N. 2 Rio de Janeiro, setembro 2023, ISSN 2764-2054

## Geologia, História Natural e Recursos Minerais do Geoparque Mundial UNESCO Caminhos dos Cânions do Sul, Brasil

*Geology, Natural History and Mineral Resources of the  
UNESCO Global Geopark Caminhos dos Cânions do Sul, Brazil*

Melissa Franzen ([melissa.franzen@sgb.gov.br](mailto:melissa.franzen@sgb.gov.br))<sup>1</sup>

Raquel Barros Binotto ([raquel.binotto@sgb.gov.br](mailto:raquel.binotto@sgb.gov.br))<sup>1</sup>

Débora Lamberty ([debora.lamberty@cprm.gov.br](mailto:debora.lamberty@cprm.gov.br))<sup>1</sup>

Bruno Ludovico Dihl Horn ([bruno.horn@sgb.gov.br](mailto:bruno.horn@sgb.gov.br))<sup>1</sup>

Marcell Leonard Besser ([marcell.besser@sgb.gov.br](mailto:marcell.besser@sgb.gov.br))<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Superintendência de Porto Alegre

<sup>2</sup> Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Núcleo de Apoio de Curitiba

### Abstract

*The natural history of the UNESCO World Geopark "Caminhos dos Cânions do Sul" includes geological events that have created beautiful scenic landscapes, recognizable in the plateau's landforms, its cliffs, plateaus, and mesas, which stand out from the sedimentary cover and extend to the coastline. These geological events are interpreted on the basis of the records of Permo-Cretaceous sedimentation and Cretaceous magmatism, as well as the uplift, subsidence, and continental drift that have shaped the landscape and the formation of sedimentary deposits from the Pleistocene to the Holocene. The most striking feature of the region, especially due to the continuous presence of the escarpment that separates the plateau from the plains, is the Serra Geral plateau, which corresponds to the southern portion of the volcanic-sedimentary succession known as the Serra Geral Group. This paper aims to provide a comprehensible review of the geological and geomorphological aspects of the Geopark area, which is accessible for the general public. In this context, the rich and varied geological history that led to the present formation and configuration of the region where the Geopark is located is revealed, as well as the mineral potential of the region.*

*Keywords: Geodiversity, Southern Canyons Pathways, UNESCO Global Geopark*

*Palavras chave: Geodiversidade, Caminhos dos Cânions do Sul, Geoparque Mundial UNESCO.*

### INTRODUÇÃO

O Geoparque Mundial da UNESCO Caminhos dos Cânions do Sul (GCCS) possui paisagens que se destacam de tal forma que os eventos que levaram à formação dos cenários podem ser reconhecidos no horizonte. A região guarda aproximadamente 265 milhões de anos (Ma) de registros geológicos, com rochas sedimentares indicando uma longa história de continentalização e desertificação, que se encerra com o Vulcanismo Serra Geral, ruptura continental e abertura do Oceano Atlântico Sul. Apenas recentemente, do ponto de vista geológico, esse ambiente foi parcialmente recoberto pela planície costeira.

Os geoparques abrigam regiões com rica geodiversidade, a qual é definida pelo Serviço Geológico do Brasil

(SGB-CPRM) como sendo a natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, águas, solos, fósseis e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico. Considerando a importância da geodiversidade no âmbito dos geoparques foi concebido, no final de 2022, o projeto Geodiversidade do Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul, ora em desenvolvimento.

É importante destacar que o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) vem atuando ao longo dos anos na temática geológica da região, contemplando a proposição inicial do geoparque, em 2011 (CPRM, 2011;

Godoy; Binotto; Wildner, 2012), o mapeamento dos terrenos por meio dos projetos de geodiversidade estaduais do Rio Grande do Sul (Viero; Silva, 2010) e Santa Catarina (Viero; Silva, 2016), os mapeamentos geológicos estaduais (Wildner *et al.*, 2008; CPRM, 2014), a geologia e o potencial mineral da Bacia do Paraná (Horn *et al.*, 2022), o risco geológico (Hoelzel, 2012; Hoelzel; Zwirtes, 2012; Hoelzel; Lamberty; Jorge, 2014; Peixoto; Noronha, 2017; Bellettini; Mendonça, 2023 a, b), e a suscetibilidade a movimentos de massa e a inundação de municípios abrangidos pelo geoparque (IPT, 2015a, b).

O objetivo principal foi gerar uma base de dados geoambientais associada ao Mapa da Geodiversidade do Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul, em escala 1:100.000, facilmente disponibilizada aos líderes, gestores locais e comunidade, que propicie o gerenciamento e ordenamento territorial da região considerando a vocação turística da área e seu desenvolvimento sustentável. Neste contexto, o presente informe técnico apresenta a geologia, os recursos minerais, a contextualização geotectônica e histórica da região decorrentes do projeto Geodiversidade GCCS.

## ÁREA DE ESTUDO

O Geoparque Mundial Caminhos dos Cânions do Sul (GCCS) se localiza na Região Sul do Brasil, no limite entre os estados de Santa Catarina (SC) e do Rio Grande do Sul (RS). Com uma área de 2.830 km<sup>2</sup>, fazem parte do seu território sete municípios, sendo quatro em Santa Catarina: Praia Grande, Jacinto Machado, Morro Grande e Timbé do Sul; e três no Rio Grande do Sul: Cambará do Sul, Mampituba e Torres (Figura 1).

## METODOLOGIA

O presente artigo foi elaborado com base em pesquisa bibliográfica, reconhecimento de campo dos registros geológicos e de recursos minerais locais, seu contexto regional e tectônico, além de dados disponibilizados pela Agência Nacional de Mineração (ANM), utilizados para a caracterização dos recursos minerais. Como bem colocou Hartmann (2014), este trabalho está embasado nos diversos estudos que se dedicaram a contar esta história antes desta pesquisa.

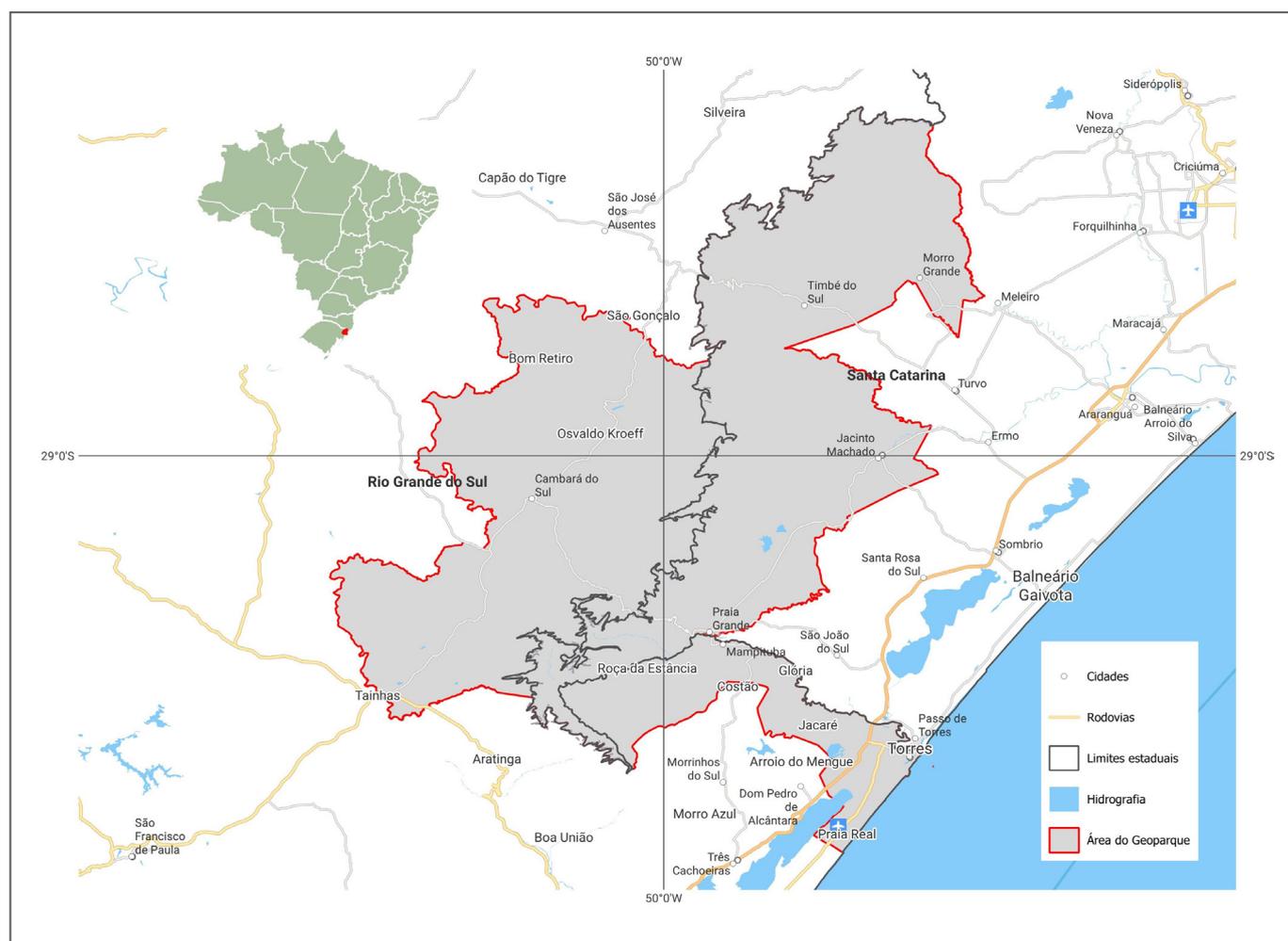


FIGURA 1 - Localização do Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul. Fonte: OpenStreetMap®; IBGE (2023).

## CONTEXTO GEOTECTÔNICO E GEOLÓGICO REGIONAL

O geoparque está inserido nas imediações da feição geológica denominada de Calha de Torres, anteriormente definida como Sinclinal de Torres (Zalán *et al.*, 1987), que compreende um baixo estrutural entre os platôs dos Campos de Cima da Serra (ombreira sul), no RS, e de São Joaquim (ombreira norte), em SC (Rossetti *et al.*, 2021). O embasamento da Bacia do Paraná, sob a Calha de Torres, é composto por um arranjo de terrenos tectônicos amalgamados durante o Ciclo Brasileiro Pan-Africano (850 – 500 Ma), no Neoproterozoico (Chemale Júnior, 2000).

Nas imediações do geoparque, na porção sul do estado de Santa Catarina, afloram unidades da Supersequência Gondwana I de Milani *et al.* (2007), da Bacia do Paraná; e na Serra do Rio do Rastro (município de Lauro Müller, SC) é possível contemplar a sequência completa, resumidamente descrita a seguir.

A porção inferior é representada por depósitos glaciais do Grupo Itararé, ligados à fase de degelo, com a Formação (Fm.) Taciba. Com a deglaciação e a conseqüente subida do nível do mar - transgressão permiana (Lavina; Lopes, 1986), o pacote do Grupo Guatá inicia-se com os depósitos da **Fm. Rio Bonito**, que alterna pacotes ora predominantemente arenosos, ora pelíticos, com influência marinha do “mar Palermo” que, a seguir, recobriria por completo a bacia. Localmente, sob condições de restrição lagunar ao longo da franja litorânea, desenvolveram-se turfeiras que deram origem ao carvão da Região Carbonífera de Santa Catarina, nas imediações da cidade de Criciúma, SC.

A **Fm. Palermo** compõe um horizonte de correlação regional de máxima inundação da Supersequência Gondwana I (Milani, 1997). A **Fm. Irati** documenta uma efetiva restrição à circulação das águas que culminou por desenvolver um contexto ambiental hipersalino na bacia interior, onde se acumularam folhelhos betuminosos na porção sul da bacia, com potencial gerador de acumulações petrolíferas (Milani *et al.*, 2007).

A **Fm. Serra Alta** corresponde a um contexto marinho de baixa energia, interpretado como relativo ao “afogamento do Golfo Irati”, última incursão marinha importante na bacia.

Depois, o ambiente marinho vai ficando cada vez mais raso. A **Fm. Teresina** é essencialmente terrígena, com algumas fácies carbonáticas, que representariam os intervalos de raseamento. Os depósitos têm início em águas mais distais e/ou profundas e terminam com depósitos de águas proximais e/ou rasas, com as fácies carbonáticas sugerindo fases de alta salinidade, em climas mais secos (Rocha, 2020). O paleoambiente provável seria um sistema marinho raso, com influência de ondas de tempestade, exposições subaéreas durante pequenos rebaixamentos do nível de água, e eventos de transgressões marinhas episódicas (Rocha, 2020).

Esses sistemas dão lugar a um complexo progradação formado a partir de lobos deltaicos na **Fm. Rio do Rasto** (Milani *et al.*, 2007), que é composta por sistemas fluviais distributivos, canais, lobos terminais, dunas eólicas, interdunas e, raramente, depósitos deltaicos e lagos rasos (Scherer *et al.*, 2023). A presença de vertebrados tetrápodes<sup>1</sup> terrestres (Cisneiros; Abdala; Malabarba, 2005; Lucas, 2006), manifesta uma tendência regressiva em grande escala.

A **Fm. Botucatu** é reconhecida por sedimentitos continentais predominantemente eólicos, com estratificação cruzada tangencial e plano-paralela, de médio a grande porte, fato que possibilita um pronto reconhecimento do “deserto Botucatu” (Milani *et al.*, 2007). Em parte contemporâneas, dado que os produtos vulcânicos repousam diretamente sobre os arenitos eólicos, a Fm. Botucatu e as formações de origem vulcânica constituem o Grupo Serra Geral (Wildner; Hartmann; Lopes, 2007) e são amplamente distribuídas na Bacia do Paraná.

No Brasil, as rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral ocupam uma área de aproximadamente 917.000 km<sup>2</sup> da região centro-sul, estendendo-se do Mato Grosso ao Rio Grande do Sul, com espessuras entre 700 m e 1700 m no seu eixo principal, e entre 500 m e 700 m na borda da Calha de Torres (Frank *et al.*, 2009).

As rochas ígneas do Grupo Serra Geral compõem a **Província Magmática Paraná-Etendeka**, que é uma Grande Província Ígnea do Cretáceo Inferior, caracterizada pela acumulação de grandes volumes de rochas vulcânicas e intrusivas rasas no paleocontinente Gondwana (Renne *et al.*, 1992; Peate, 1997). A maior parte da área de exposição da província (90%) localiza-se na América do Sul, sobre a Bacia do Chaco-Paraná, e apenas uma pequena parte da província (10%) ocorre no sudoeste da África (Marsh *et al.*, 2018), na Namíbia (Grupo Etendeka) (Milner *et al.*, 1994) e em Angola (Complexo Vulcânico Bero) (Figura 2).

A Província Magmática Paraná-Etendeka foi caracterizada regionalmente em subprovíncias, definidas com base em padrões geoquímicos, em rochas de alto-Ti (Ti e Zr), ao norte, e de baixo-Ti (Ti, Zr e Y), ao sul (Erlank *et al.*, 1984; Bellieni *et al.*, 1984). Em ambos, é observada uma bimodalidade em relação ao conteúdo de SiO<sub>2</sub> (Piccirilo; Melfi, 1988), com o predomínio de rochas de composições básica e intermediária (97,5%) sobre as de composição ácida (2,5%).

Caracterizado regionalmente em subprovíncias de alto-Ti e baixo-Ti, internamente o Grupo Serra Geral foi subdividido com base em um conjunto de características químicas, em magmas-tipo (Peate; Hawkesworth; Mantovani, 1992). Durante algum tempo, essa subdivisão foi utilizada como base para a estratigrafia regional.

<sup>1</sup> Vertebrados possuidores de quatro membros.

Seis tipos de magmas foram identificados por Peate *et al.* (1992) a partir da geoquímica de amostras superficiais e de poços, distribuídas entre os tipos baixo-Ti (Gramado, Esmeralda, Ribeira) e alto-Ti (Urubici, Pitanga, Paranapanema). Os autores propuseram que tanto as variedades de baixo-Ti quanto as de alto-Ti têm origem relacionada à pluma mantélica, com extensa contaminação crustal em basaltos com baixo teor de Ti (Pinto *et al.*, 2011).

Wildner *et al.* (2006) reconheceram oito variedades: as fácies Jaguarão, Alegrete ( $127,6 \pm 1,2$  Ma), Esmeralda, Paranapanema ( $136,2 \pm 2$  Ma), Caxias ( $132,3 \pm 0,5$  Ma), Chapecó ( $132,1 \pm 0,19$  Ma), Gramado ( $132,4 \pm 1,4$  Ma) e Várzea do Cedro, algumas delas com datações citadas pelo método Ar/Ar.

A porção sul da província é dominada por basaltos do tipo Gramado, sucedidos na estratigrafia por rochas ácidas do tipo Palmas, e por basaltos do tipo Esmeralda (Rossetti *et al.*, 2021). De acordo com suas características químicas, principalmente a variação dos conteúdos de  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$ , Zr e Rb, o tipo Palmas foi dividido em subgrupos: Caxias do Sul, Santa Maria, Anita Garibaldi, Jacuí e Clevelândia (Peate; Hawkesworth; Mantovani, 1992; Nardy; Machado; Oliveira, 2008; Rossetti *et al.*, 2021).

Quando os autores passaram a considerar a morfologia interna dos derrames em diferentes escalas - local e regional, além da petrografia, geoquímica e idades das litologias, um maior detalhamento da estratigrafia da Serra Geral na Bacia do Paraná pôde ser alcançado.

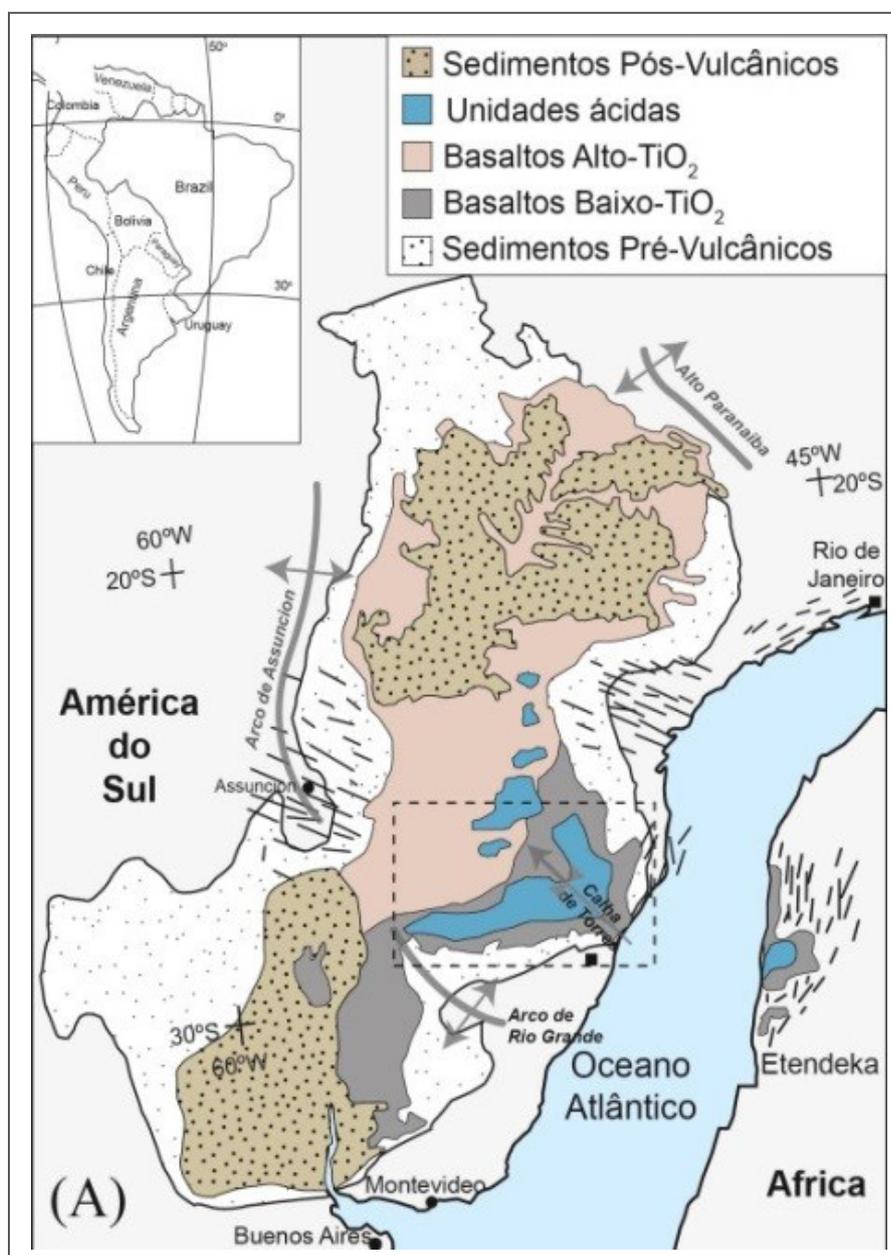


FIGURA 2 - Contexto geotectônico do GCCS, aproximadamente coincidente com a calha de torres. Fonte: Rossetti *et al.* (2021).

Firma-se o seu status e nomeação de Grupo Serra Geral (Rossetti *et al.*, 2018) e divide-se a sucessão vulcânica da porção sudeste da província em quatro unidades principais de lavas: Formação Torres, Formação Vale do Sol, Formação Palmas e Formação Esmeralda (Rossetti *et al.*, 2018; Besser; Vasconcellos; Nardi, 2018; Rossetti *et al.*, 2021). A Fm. Esmeralda não aflora na área de estudo (Figura 3).

**A Fm. Torres** agrupa corpos vulcânicos e depósitos sedimentares relacionados aos estágios iniciais do magmatismo da Província Magmática Paraná-Etendeka, compondo a porção inferior do Grupo Serra Geral (Rossetti *et al.*, 2018). Os campos de derrames são constituídos pela intercalação e empilhamento de derrames pahoehe de lavas basálticas, quimicamente mais primitivas (> 5% em peso de MgO), afaníticas a microporfíricas. Estende-se ao longo do limite sul do campo de lavas, recobrendo uma área superior a 25.000 km<sup>2</sup>, com espessura média de 150 m, e aflorando principalmente no estado do Rio Grande do Sul (Rossetti *et al.*, 2018). Estima-se que o volume mínimo produzido por essas erupções seja superior a 3.750 km<sup>3</sup> (Rossetti *et al.*, 2018).

Comumente ocorrem peperitos<sup>2</sup> na base do depósito, mostrando que as interações sedimento-lava em ambientes áridos são comuns em toda a Província Paraná-Etendeka, durante o início do vulcanismo de inundação (Petry *et al.*, 2007).

**A Fm. Vale do Sol** é composta pelo empilhamento vertical de derrames tabulares espessos (35-50 m) de andesitos basálticos e raramente basaltos (Peate; Hawkesworth; Mantovani, 1992), de composição química predominantemente intermediária (SiO<sub>2</sub> > 51% em peso; MgO < 5% em peso). Constitui o estágio principal da construção da sequência vulcânica do Grupo Serra Geral, pois são os derrames máficos mais volumosos. Atinge uma espessura máxima acumulada de 550 m, e estende-se lateralmente por cerca de 300 km de leste para oeste, por pelo menos 130 km para norte, até a Serra do Rio do Rastro. Estima-se que recubra área superior a 55.000 km<sup>2</sup>, com volume superior a 15.000 km<sup>3</sup> (Rossetti *et al.*, 2018).

<sup>2</sup> Sedimentos (geralmente úmidos) misturados com clastos ígneos juvenis. O termo brecha hidromagmática de contato também pode ser usado.

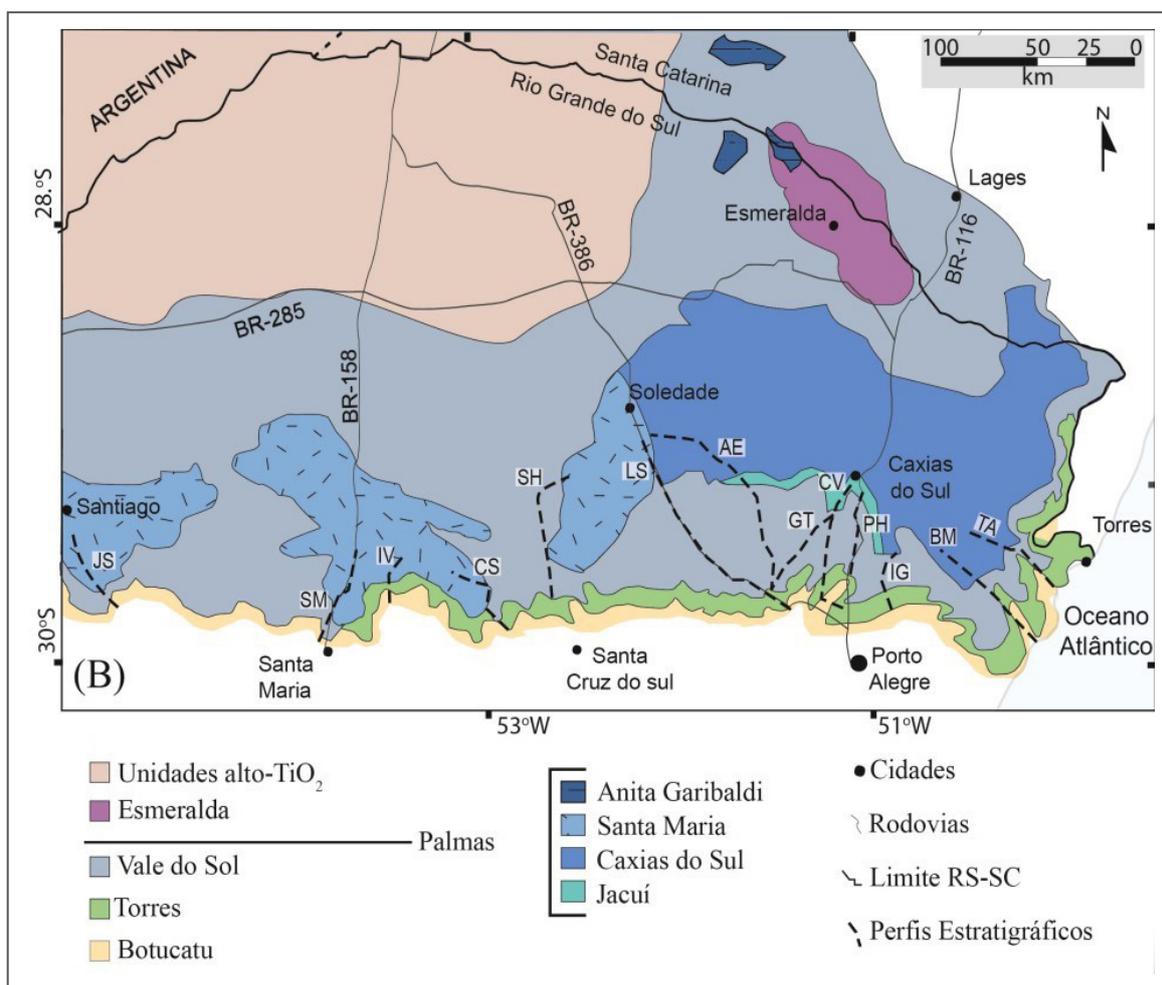


FIGURA 3 - Geologia regional. Fonte: Rossetti *et al* (2021).

**A Fm. Palmas** ocorre nas porções de topo da pilha vulcânica, sustentando a fisiografia dos Campos de Cima da Serra com relevos de até 1.800 m em Santa Catarina, e sua maior área de ocorrência está no centro e leste do Rio Grande do Sul. De forma geral, constituem extensos platôs e camadas contínuas ao longo de centenas de metros. A área total estimada é de 64.000 km<sup>2</sup>, com um volume mínimo de 15.300 km<sup>3</sup>, dos quais a Fm. Palmas representa 95% da área e 80% do volume (Nardy *et al.*, 2008). A espessura dessas unidades pode atingir até 400 m no leste do RS, decrescendo para oeste e para norte (Rossetti *et al.*, 2021). Na área do GCCS, a Fm. Palmas é do subtipo Caxias do Sul.

Os leitos sedimentares preservados ao longo da estratigrafia são considerados importantes marcadores dos períodos de quiescência na atividade vulcânica (Rossetti *et al.*, 2018).

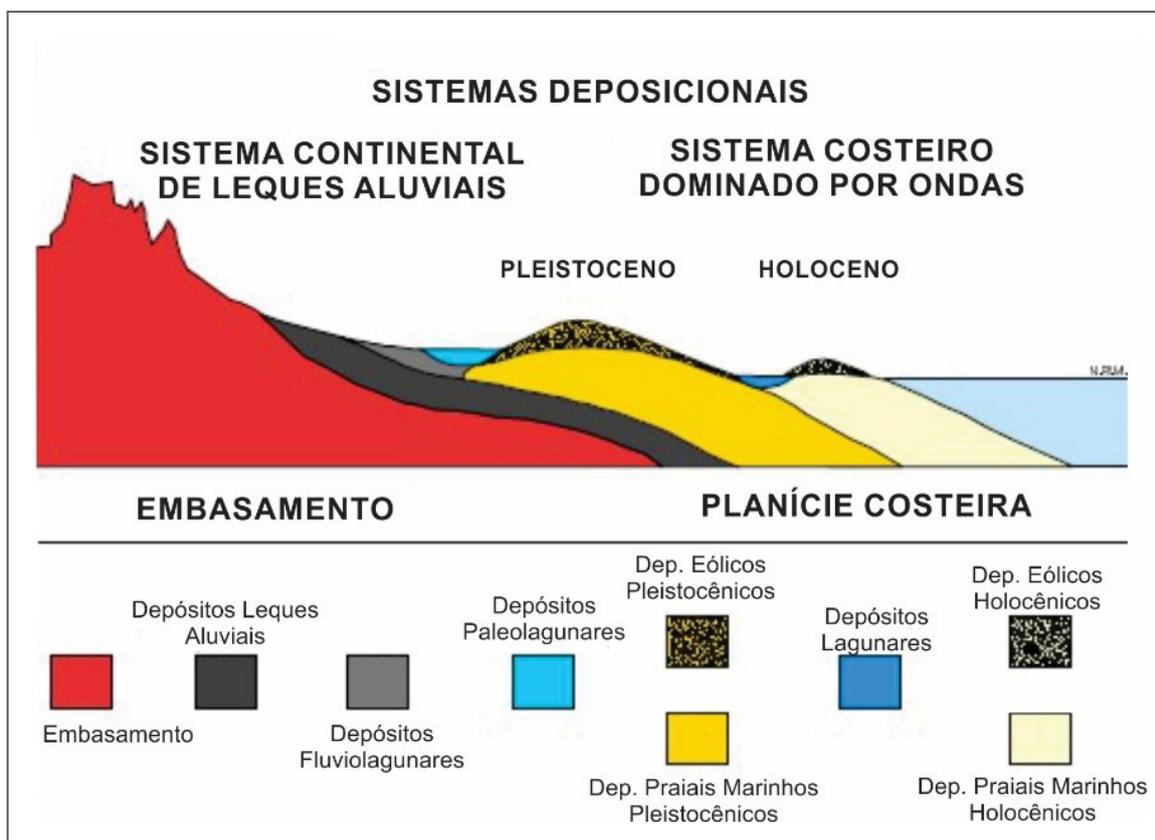
Por fim, a **Planície Costeira** constitui uma extensão emersa da Bacia Marginal de Pelotas, que se estende até a Plataforma de Florianópolis, formada por uma sedimentação cenozoica influenciada pelas oscilações glacio-eustáticas do nível do mar, durante o Quaternário.

Ocorrendo em uma ampla faixa ao leste da escarpa do planalto, as coberturas cenozoicas recobrem as unidades mais antigas. Nas imediações da escarpa e dos morros-testemunhos, áreas de declividade acentuada

têm depósitos colúvio-aluvionares no sopé das encostas, e aluviões ao longo dos atuais cursos de água. A implantação de depósitos colúvio-aluvionares ocorreu, provavelmente, no Plioceno, com um sistema de leques aluviais, cuja gênese perdura até os dias atuais.

Na medida em que se avança em direção à linha de costa, os depósitos continentais passam a transitórios e marinhos, passando por dois sistemas laguna-barreira, representando os ambientes de sedimentação costeiros antigos e atuais. Destaca-se que o sistema laguna-barreira é composto pelos subsistemas lagunar, de barreira e canal de ligação. Isto porque, na área de estudo, tem-se duas barreiras arenosas, a mais interiorizada do Pleistoceno Superior (< 120 Ka) e a mais externa do Holoceno (> 11 Ka) (Silva; Leites, 2000), conforme representação esquemática apresentada na Figura 4.

As fácies sedimentares da barreira pleistocênica originaram-se em ambiente praias e marinho raso, sendo recobertas por sedimentação eólica. São depósitos que abrigam sedimentos praias marinhos e, concomitante à formação da barreira arenosa, instalaram-se no seu reverso grandes corpos aquosos costeiros, posteriormente segmentados, que originaram paleolagunas, turfeiras, pântanos e alagadiços, constituídos por turfas ou lamas ricas em matéria orgânica (Silva; Leites, 2000).



**FIGURA 4** - Seção esquemática simplificada dos sistemas deposicionais da planície costeira. Fonte: Silva; Leites (2000).

Sobre esses sedimentos pleistocênicos desenvolveu-se, durante o Holoceno, um complexo de ambientes compreendendo depósitos do tipo laguna-barreira, fluviodeltaico-marinhos, fluviolagunares e lagunares, associados ao auge da última fase transgressiva do nível do mar e sua posterior regressão (< 5,1 ka) (Silva; Leites, 2000).

## GEOLOGIA LOCAL

A unidade mais antiga da área aflora em pequenas porções na borda nordeste do geoparque, onde há uma ampla exposição da **Fm. Teresina** em uma pedreira (Figuras 5 e 6). São heterolitos<sup>3</sup> compostos por intercalação de arenito fino a muito fino e folhelho, com ciclos

<sup>3</sup> Formado pela alternância entre lâminas de diferentes granulometrias.



**FIGURA 5** - Vista da Fm. Teresina em pedreira na Estrada para Rio do Meio, em Morro Grande, SC. Autor: Melissa Franzen (2023).



**FIGURA 6** - Detalhe dos siltitos cinza-esverdeados intercalados com arenitos em pedreira na Estrada para Rio do Meio. Autor: Melissa Franzen (2023).

granocrescentes ascendentes, que iniciam com folhelhos escuros e terminam com arenitos finos. Com acamamento inicialmente *wavy*, *flaser* e *linsen*, diferentes níveis de bioturbação, ocorrem laminação cruzada simétrica ou laminação plano-paralela, e níveis com abundante cimentação por carbonato de cálcio. Para o topo da unidade, ocorrem o progressivo aparecimento de cores de oxidação, como vermelho e roxo, que culminam no predomínio dessas cores na Fm. Rio do Rasto.

A **Fm. Rio do Rasto** ocorre em pequenas porções do norte, nordeste e leste do geoparque. Nesta área ela é caracterizada por arenitos finos, bem selecionados, vermelhos a roxos avermelhados, maciços ou com estratificação plano-paralela, em camadas tabulares e lenticulares. Ocorrem também camadas tabulares de pelitos maciços, argilitos e folhelhos avermelhados (Figuras 7 e 8).



**FIGURA 7** - Alternância entre pelitos e arenitos nos *redbeds* da Fm. Rio do Rasto, no acesso ao Clube 27, SC285, em Timbé do Sul, SC. Autor: Melissa Franzen (2023).

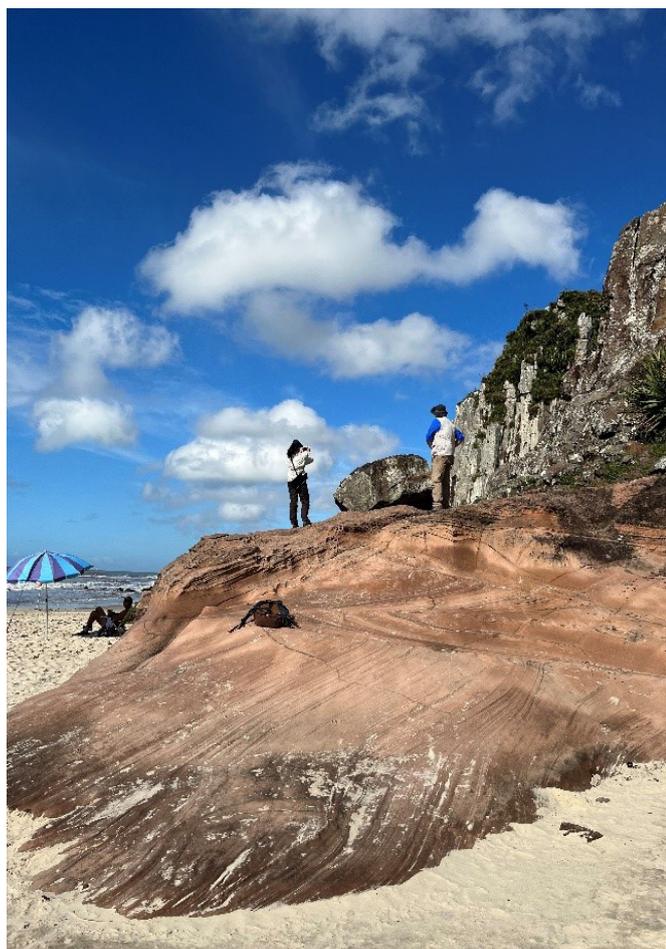


**FIGURA 8** - Vista frontal de afloramento da Fm. Rio do Rasto em leito de rio na localidade de Rio de Dentro, em Jacinto Machado, SC. Autor: Melissa Franzen (2023).

A **Fm. Botucatu** é constituída predominantemente por arenitos médios a finos, de elevada esfericidade, aspecto fosco, róseo e com estratificação cruzada tangencial de grande porte característica, depositados por processos eólicos. Ocorre tanto ao nível do mar, na Praia de Torres (Figura 9), quanto nas cotas mais elevadas do terreno, ao longo da escarpa da serra (Figura 10 e 11). Ocorrem, também, arenitos com estratificação plano-paralela, depositados por lençóis de areia, aparentando ser o caso do Santuário Nossa Senhora Aparecida (Figura 12), localizado no município de Mampituba, SC.

A partir do topo da Fm. Botucatu, afloram na área do geoparque as formações Torres, Vale do Sol e Palmas, compostas predominantemente por rochas vulcânicas coerentes (originadas da solidificação de lavas).

A seção-tipo da **Fm. Torres** é descrita no Parque Estadual da Guarita, no município de Torres - RS (Rossetti *et al.*, 2018), portanto, é a única das unidades vulcânicas cuja seção-tipo está inserida na área do geoparque. Ao longo das praias de Torres, observa-se a sobreposição dos primeiros derrames de lavas basálticas, de forma concordante aos arenitos da Fm.



**FIGURA 9** - Contato da Fm. Botucatu com Fm. Torres na Praia da Guarita, em Torres, RS, com destaque para a “saia” de Arenito Botucatu. Autor: Raquel Barros Binotto (2023).



**FIGURA 10** - Corte de estrada com exposição da Fm. Botucatu, na estrada de Praia Grande para Jacinto Machado, SC. Autor: Raquel Barros Binotto (2023).



**FIGURA 11** - Detalhe de set de estratificação cruzada acanalada de grande porte da Fm. Botucatu na estrada de Praia Grande para Jacinto Machado, SC. Autor: Raquel Barros Binotto (2023).



**FIGURA 12** - Estratificação localmente plano-paralela em feição de topo da Fm. Botucatu no Santuário Nossa Senhora Aparecida, em Mampituba, SC. Autor: Melissa Franzen (2023).

Botucatu (Figura 13), com feições de interação entre lava-sedimento, como peperitos ou brechas hidromagmáticas de contato (Figura 14). Os derrames iniciais são mais espessos (podem atingir 40 m) e classificados como do tipo empoçado, pois ocupam os paleovales entre as dunas do "deserto" Botucatu. Esses derrames são caracterizados por um padrão pervasivo de disjunções colunares verticais irregulares. Em direção ao topo da Fm. Torres, observa-se o predomínio de derrames do tipo *pahoehoe* simples ou compostos, com espessuras que variam frequentemente de 0,5 m a 5 m, os quais estão geralmente bastante intemperizados



**FIGURA 13** - Basaltos em derrames empoçados da Fm. Torres, na Torre da Guarita (ao centro) e na Torre Norte (ao fundo), em Torres, RS. Autor: Melissa Franzen (2023).

na área, dando origem a saprólitos espessos (Figura 15). A arquitetura dos derrames é marcada por base e topo lisos (sem fragmentação), suas porções basais apresentam vesículas/amígdalas alongadas e subverticais (*pipe vesicles*) e as porções de topo concentram grandes quantidades de vesículas/amígdalas, geralmente esféricas. O núcleo do derrame apresenta textura fanerítica fina (Figura 16) e pode ser maciço ou marcado por níveis horizontais de vesículas/amígdalas que registram pulsos de inflação do derrame. Os solos resultantes da alteração intempérica das rochas são de cores laranja-claro ou vermelha.



**FIGURA 15** - Dois ou mais derrames *pahoehoe* simples da Fm. Torres, Pedreira Betiol (saibro), Linha São Pedro, em Jacinto Machado, SC. Autor: Melissa Franzen (2023).



**FIGURA 14** - Detalhe do peperito (fragmentos de basalto em matriz de arenito) na base da Torre Norte, no contato do arenito com basalto da Fm. Torres. Autor: Melissa Franzen (2023).



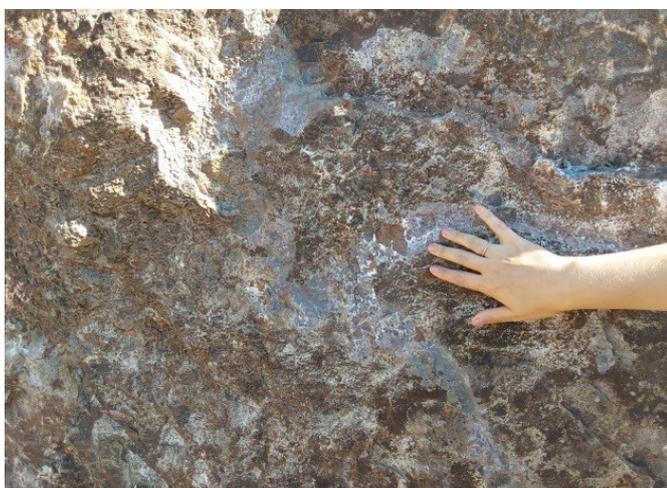
**FIGURA 16** - Detalhe da textura fanerítica fina em amostra fresca de basalto da Fm. Torres, na localidade de Sanga da Paca, município de Jacinto Machado, SC. Autor: Debora Lamberty (2023).

A **Fm. Vale do Sol** é majoritariamente formada por derrames de andesitos basálticos do tipo *rubbly pahoehoe* relacionados a altas taxas de efusão das erupções (ROSSETTI *et al.*, 2018). Na área do geoparque, essa unidade ocupa as cotas em média acima de 300 m de altitude, alcançando de 500 a 600 m de espessura.

A Fm. Vale do Sol é formada por derrames espessos (>25 m), com arquitetura interna caracterizada por: (1) uma base afanítica, com vesículas esparsas; (2) um núcleo espesso afanítico, maciço ou com disjunções colunares irregulares; (3) uma zona superior vesicular; e (4) uma superfície fragmentada. Essa superfície fragmentada é descrita na forma de brechas autoclásticas (autobrechas), que se formam com o rompimento da crosta vesiculada superior do derrame durante seu deslocamento (Figuras 17 e 18). Os solos formados sobre as rochas da unidade são de cores laranja, vermelha ou marrom.



**FIGURA 17** - Matacão formado por brecha autoclástica (autobrecha), comum no topo dos derrames do tipo *rubbly pahoehoe* da Fm. Vale do Sol, Estrada da Rocinha, km 47, cota 561 m, em Timbé do Sul, SC. Autor: Melissa Franzen (2023).



**FIGURA 18** - Detalhe da autobrecha da Fm. Vale do Sol, formada por fragmentos vesiculados angulosos e de diversos tamanhos, oriundos da crosta superior fragmentada do derrame. Autor: Melissa Franzen (2023).

O contato entre as formações Torres e Vale do Sol é não erosional e marca uma mudança importante na dinâmica eruptiva.

A **Fm. Palmas** se intercala à porção de topo da Fm. Vale do Sol e a recobre totalmente na área do geoparque. É formada por rochas félsicas, dacitos e riolitos (Figura 19), de cor cinza-claro a cinza-arroxeadado, e por vidros vulcânicos hidratados de cor preta (*pitchstone*). Em sua maioria, essas rochas compõem derrames tabulares espessos (alguns com mais de 50 m de espessura), com margens lobadas e, por vezes, brechadas. A arquitetura interna dos derrames é definida por: (1) uma porção basal afanítica formada por disjunções em lajes (Figura 20); (2) uma porção central fanerítica fina a média, devitrificada com formação pervasiva de esferulitos submilimétricos, conferindo um aspecto mosqueado às rochas, conhecido como textura “sal-e-pimenta” (Figura 21);



**FIGURA 19** - Derrames tabulares da Fm. Palmas na estrada para o Cânion Fortaleza, em Cambará do Sul, RS. Autor: Melissa Franzen (2023).



**FIGURA 20** - Contato entre dois derrames ácidos da Fm. Palmas. O derrame inferior apresenta vesículas estiradas e a base do derrame superior apresenta disjunções em lajes, na Estrada da Rocinha, cota 1.200 m, em Timbé do Sul, SC. Autor: Melissa Franzen (2023).

(3) uma porção de topo afanítica muito amigdaloidal, geralmente, completamente intemperizada. São observadas bordas vítreas (*pitchstone*) nos derrames e raras brechas frontais. Feições de fluxo magmático, como bandamentos e dobras, são muito frequentes na área do geoparque (Figura 22). Os solos característicos são de cores bege e amarelo-claro.

O contato da Fm. Vale do Sol com a Fm. Palmas é marcado por um contraste litológico entre as autobrechas de topo dos derrames de andesitos basálticos e a base vítrea das lavas da Fm. Palmas.

No geoparque, os depósitos continentais colúvio-aluvionares e aluvionares sobrepõem-se às unidades da Bacia do Paraná, associados à **Planície Costeira**. Envolve cascalhos, areias e lamias resultantes de fluxos gravitacionais e aluviais, formando depósitos de tálus (predomínio de material grosso), junto à base e à

meia-encosta dos morros (Figura 23), e rampas de colúvio (finos) em posições mais distais (Figura 24). Os depósitos aluvionares e de retrabalhamento fluvial ocorrem nas regiões de baixa declividade e ao longo das drenagens (Figuras 25 e 26), associados à deposição de sistemas fluviais (Silva; Leites, 2000).

Os depósitos pleistocênicos da barreira III estendem-se na forma de cordão litorâneo, com paleolagoas, tal como a Lagoa do Jacaré, e exposições de depósitos marinhos praias no seu entorno (Figuras 27 e 28), além de dunas litorâneas ao leste da lagoa (HORN FILHO *et al.*, 1984).

A barreira IV é holocênica e formada por depósitos praias marinhos com recobrimento eólico e depósitos lagunares por trás. Esse sistema ocorre muito próximo à linha de costa (Figura 29), ou ainda com as fácies eólicas pouco interiorizadas (Figura 30) (Silva; Leites, 2000).



FIGURA 21 - Detalhe da textura esferulítica “sal e pimenta” da Fm. Palmas. Autor: Melissa Franzen (2023).



FIGURA 23 - Depósito de tálus na base de morro de arenito, em Mampituba, RS. Autor: Melissa Franzen (2023).



FIGURA 22 - Detalhe de estrutura de fluxo magmático em rocha vulcânica ácida na entrada da trilha do Cânion Índios Coroados, em Cambará do Sul, RS. Autor: Melissa Franzen (2023).



FIGURA 24 - Aspecto ondulado do terreno em depósito colúvio, na comunidade de Vila Broca, em Mampituba, RS. Autor: Melissa Franzen (2023).



**FIGURA 25** - Depósito aluvionar depositado ao longo da drenagem pela dinâmica fluvial, no Rio Mampituba. Autor: Angela Belletini (2023).



**FIGURA 28** - Detalhe do Neossolo Quartzarênico sobre sedimento marinho. Autor: Melissa Franzen (2023).



**FIGURA 26** - Detalhe dos seixos mal selecionados e subangulares em função da proximidade das fontes. Autor: Angela Belletini (2023).



**FIGURA 29** - Dunas da Praia de Itapeva, em Torres, RS. Autor: Melissa Franzen (2023).



**FIGURA 27** - Terraço marinho da barreira III em planície fluvial. Autor: Melissa Franzen (2023).



**FIGURA 30** - Detalhe das fácies eólicas pouco interiorizadas, ao fundo, no Parque de Itapeva. Autor: Melissa Franzen (2023).

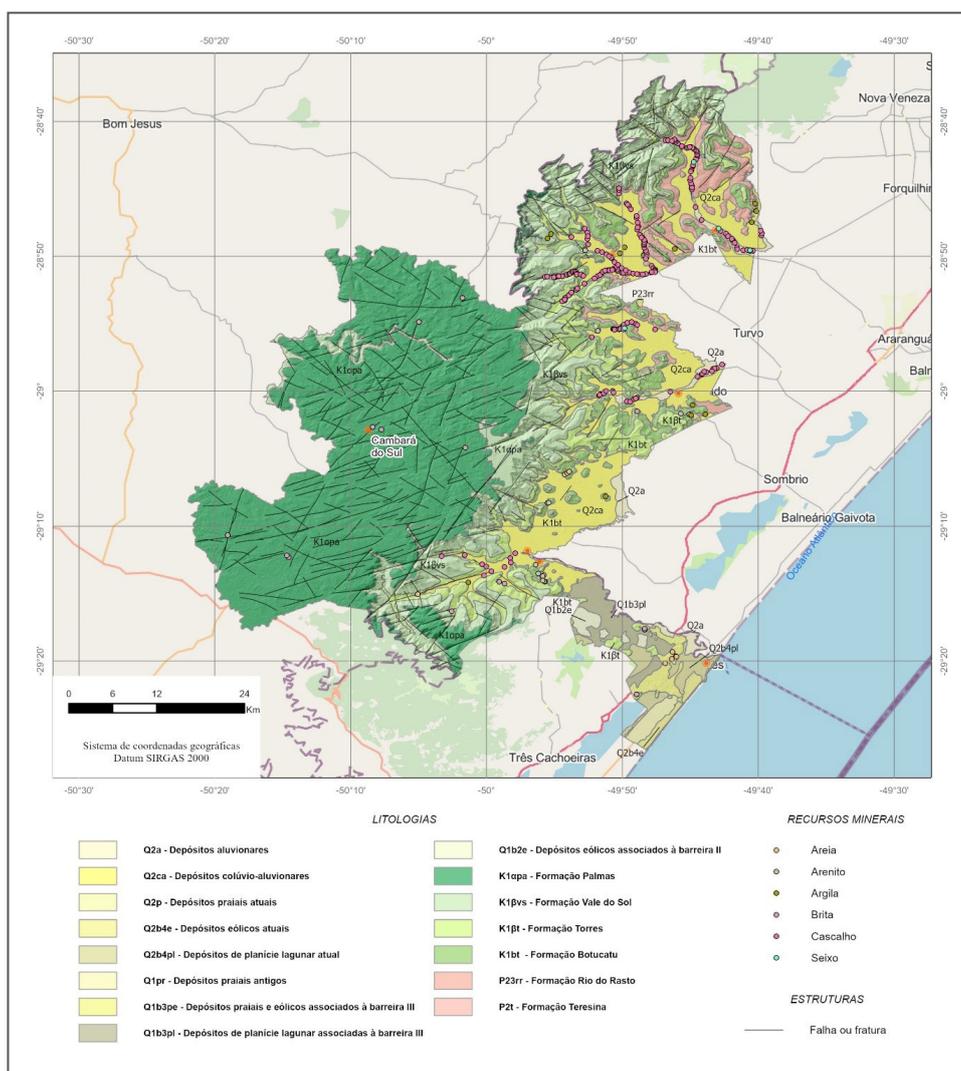
As fácies lagunares ocupam o substrato dos corpos aquosos atuais, tal como a Lagoa de Itapeva e a pequena Lagoa do Violão, em Torres, com predominância de fácies arenosas nas partes marginais e lamosas nas partes mais centrais e profundas. Depósitos fluviolagunares ocorrem onde o sistema fluvial recorta áreas de antigas lagoas

costeiras, atualmente colmatadas (Figura 31), resultando numa sedimentação arenoargilosa com restos orgânicos vegetais (Silva; Leites, 2000).

A distribuição das unidades geológicas acima descritas no Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul pode ser visualizada no mapa geológico simplificado da área (Figura 32).



**FIGURA 31** - Depósitos fluviolagunares, com antigas lagoas costeiras atualmente colmatadas no Parque de Itapeva. Autor: Raimundo Almir Costa Conceição (2023).



**FIGURA 32** - Mapa geológico e de recursos minerais simplificado do Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul. Fonte: Tema "Litologia", elaborado pelo Projeto Geodiversidade Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul, escala 1:100.000, modificado com dados de campo a partir de Horn *et al.* (2022); CPRM (2014); Wildner *et al.* (2008).

## GEOLOGIA ECONÔMICA REGIONAL

De acordo com Scherer *et al.* (2000), o limite superior da idade da Formação Botucatu corresponde ao Neocomiano (Cretáceo Inferior), mesmo intervalo temporal dos derrames mais novos do Grupo Serra Geral. O vulcanismo intenso, representado por derrames predominantemente básicos, com camadas de areia entre eles, encerra a vida de um dos maiores desertos da Terra. Essas dunas de areia de grande porte, que cobriam áreas do centro-sul do Brasil e do sudoeste da África, formaram um dos maiores aquíferos sul-americanos, o Aquífero Guarani (Schmitt; Silva, 2022).

Embora o Aquífero Guarani seja o maior aquífero transfronteiriço conhecido do mundo, e o segundo maior em armazenamento, perdendo apenas para o Aquífero Alter do Chão, situado no estado do Amazonas, por ser descontínuo e heterogêneo, sua potencialidade é muito variável. Na área do GCCS, por sua localização próxima da borda da escarpa da Serra Geral, a potencialidade para a água mineral não é alta.

Hartmann (2014) explica que cada um dos vários processos geológicos responsáveis pela formação do Grupo Serra Geral ocasionou a formação de bens minerais de valor econômico e que a presença do Aquífero Guarani constitui uma singularidade do Grupo Serra Geral.

Após o esfriamento dos derrames, há registro de eventos geológicos significativos abaixo de 150 °C. A água quente e o vapor provenientes do Aquífero Guarani causaram a intensa alteração hidrotermal dos basaltos, a injeção de areia e a mineralização de cobre nativo e geodos de ametista e ágata, além de ouro e prata (Hartmann, 2014). Eventos de hidrotermalismo constituíram o preenchimento de cavidades (vesículas e microfraturas) com minerais de alteração, principalmente zeólitas e minerais de argila (esmectita, celadonita). A porção amigdaloidal dos basaltos tem grande potencial para a rochagem.

Considerando que o potencial para a presença de recursos minerais não é uniforme, pelo contrário, envolve muitos fatores que favorecem ou não a sua presença, vale citar que, ao nível regional, são explorados geodos de ametista e ágata (calcita, gipsita) (Juchem, 1999), depositados no Grupo Serra Geral em locais distantes do geoparque, cujo contexto por trás da sua geração foi originado com a diminuição da temperatura do fluido (40-50 °C) e longa percolação.

Nas rochas sedimentares da Bacia do Paraná encontram-se areias, siltes, argilas, carvão e folhelhos. Nos depósitos sedimentares continentais colúvio-aluvionares têm-se favorabilidade para seixos, cascalho e areias, a depender da proximidade das áreas-fontes. Nos depósitos sedimentares costeiros, acham-se conchas calcárias, diatomitos, areias, siltes e argilas.

Além desses, o substrato geológico possui favorabilidade para a ocorrência de brita, saibro, turfas e água mineral.

Apesar do potencial para os recursos minerais, vale salientar que a sua exploração pode causar impactos ambientais, que devem ser levados em consideração no processo de licenciamento (pesquisa e/ou exploração), sobretudo dentro dos limites do GCCS, dada a sua vocação e condição excepcional como geoparque reconhecido internacionalmente.

## RECURSOS MINERAIS NA ÁREA DO GEOPARQUE

As rochas vulcânicas, sedimentares e os sedimentos inconsolidados que ocorrem na área do geoparque são explorados para areia, cascalho, argila, argila refratária, arenito e basalto, conforme dados de arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM).

A CFEM é paga pelas empresas de mineração para compensar os danos causados pela atividade minerária, sendo que os estados recebem 15% do total arrecadado, 60% os municípios onde ocorrer a produção, 15% fica com a União ou municípios quando afetados e a produção não se localiza em seus territórios, e 10% são repartidos entre órgãos ligados a regulação e pesquisa em mineração e meio ambiente.

Na área do projeto foram arrecadados, no período considerado, R\$ 2.091.370,47, dos quais 37,04% foram destinados ao município de Morro Grande, 32,64% a Torres e 22,27% a Praia Grande (Tabela 01), ressaltando o potencial mineral desses municípios no geoparque. Existem 91 processos de títulos minerários, sendo 71 titulares na área do projeto, no período considerado.

Em termos de substâncias minerais exploradas, quando considerados os valores arrecadados da CFEM na área do projeto (Tabela 02), argila refratária (24%), argila (23,7%), basalto (22,3%) e cascalho (19,2%) são as principais substâncias extraídas, representando, cada uma, cerca de 20% do total.

Observa-se que o potencial mineral da região do geoparque (Figura 32) está associado à utilização de materiais de uso na construção civil (areia, argila, cascalho), no revestimento de rodovias (brita de rochas vulcânicas), revestimento de pisos e paredes (Arenito Botucatu e rochas vulcânicas) e na indústria (argila refratária e bentonita<sup>4</sup>). As Figuras 33 e 34 ilustram áreas de extração e empréstimo de argilas.

A abertura de áreas de empréstimo ao longo das rodovias que estão sendo asfaltadas na região do geoparque é comum, para utilização como subleito do asfalto (Figuras 35, 36 e 37).

<sup>4</sup> Argila composta essencialmente por argilominerais do grupo das esmectitas.

**TABELA 1 - Distribuição da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) por município e substância na área do projeto (2002 a junho/2023).**

CFEM (R\$)								
Subst. Min.	Cambará do Sul	Mampituba	Torres	Jacinto Machado	Morro Grande	Praia Grande	Timbé do Sul	Total
Areia	-	-	133.437,87	-	-	-	168,54	133.606,41
Arenito	-	56.121,83	-	4.189,19	-	15.828,09	18.225,00	94.364,11
Argila	-	-	115.320,32	21.913,15	115,72	686,74	356.765,66	494.801,59
Argila refratária	-	-	-	-	488.502,67	-	12.943,87	501.446,54
Basalto	42.483,57	-	423.799,14	-	-	-	-	466.282,71
Cascalho	-	-	-	22.301,34	274.859,06	2.485,97	100.976,31	400.622,68
Saibro	-	-	246,43	-	-	-	-	246,43
Total	42.483,57	56.121,83	672.803,76	48.403,68	763.477,45	19.000,80	489.079,38	2.091.370,47

Fonte: Agência Nacional de Mineração (2023).

**TABELA 2 - Participação percentual por substância na Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) na área do projeto (2002 a junho/2023).**

Subst. Min.	%
Argila refratária	24,0%
Argila	23,7%
Basalto	22,3%
Cascalho	19,2%
Areia	6,4%
Arenito	4,5%
Saibro	0,01%
Total	100



**FIGURA 34 - Área de empréstimo de argila, próximo à Rodovia Pedro Simon, Linha Floresta, em Jacinto Machado, SC. Autor: Melissa Franzen (2023).**



**FIGURA 33 - Extração de argila refratária licenciada da Fm. Teresina na estrada para Rio do Meio, em Morro Grande, SC. Autor: Melissa Franzen (2023).**



**FIGURA 35 - Área de empréstimo para brita de rochas vulcânicas da Fm. Palmas, na estrada de acesso ao Cânion Fortaleza, em Cambará do Sul, RS. Autor: Raquel Barros Binotto (2023).**



**FIGURA 36** - Área de empréstimo para brita de rochas vulcânicas da Fm. Torres, na rodovia SC-108, de Praia Grande a Jacinto Machado, SC. Autor: Raquel Barros Binotto (2023).



**FIGURA 37** - Extração licenciada para brita de rochas vulcânicas da Fm. Palmas, na rodovia RS-020, em Cambará do Sul, RS. Autor: Raquel Barros Binotto (2023).

A britagem de rochas basálticas da Formação Torres para uso na construção civil está exemplificada no município de Torres, RS (Figura 38).

Os depósitos colúvio-aluvionares são fonte de areia, cascalho e seixos ao longo dos cursos de água da região, a exemplo das áreas requeridas para cascalho no Rio Mampituba (Figura 39), para utilização na construção de civil.

Os depósitos eólicos atuais são explorados como áreas de empréstimo de areia para utilização na construção civil.

Os arenitos da Fm. Botucatu são explorados na região do geoparque para utilização na construção de muros, alicerces, paredes, na contenção de terreno e fundações. A Figura 40 ilustra uma das áreas licenciadas para a atividade.

Argilas refratárias, de utilização na indústria cerâmica, também são uma potencialidade das rochas sedimentares permianas da Bacia do Paraná, mais especificamente na Fm. Teresina, com áreas em operação em Morro Grande/SC e arredores.

Áreas requeridas, mas ainda não exploradas, para água mineral e bentonita são verificadas junto à ANM no município de Torres, associadas aos depósitos terciários e quaternários.

A utilização das rochas vulcânicas ácidas como rocha ornamental, a exemplo do que ocorre na região de São Marcos (RS) (RIZZON, 2010), é um potencial a ser explorado.

A potencialidade para águas termais nas rochas permianas da Bacia do Paraná, já conhecida nos municípios de São João do Sul e Morro dos Conventos, no estado de Santa Catarina, também deve ser estudada.



FIGURA 38 - Pedreira para brita de rochas vulcânicas da Fm. Torres, em Torres, RS. Autor: Angela Bellettini (2023).



FIGURA 39 - Meandro do Rio Mampituba em área requerida para cascalho em Praia Grande, RS. Autor: Raquel Barros Binotto (2023).



FIGURA 40 - Pedreira de arenito da Fm. Botucatu licenciada em Praia Grande, SC. Autor: Debora Lamberty (2023).

## CONCLUSÃO

Com a concessão do título de geoparque<sup>5</sup> mundial da UNESCO em 2022, o GCCS elevou a sua credencial de importância geocientífica para novos patamares e sua vocação para o geoturismo adquire o potencial de alavancar a economia regional como um todo. No Brasil, encontram-se chancelados cinco geoparques mundiais da UNESCO: Araripe (CE), Seridó (RN), Quarta Colônia (RS), Caçapava do Sul (RS) e o Caminhos dos Cânions do Sul (RS/SC).

Com isto, além dos municípios que já exploravam o geoturismo em função da proximidade com a estrada da Serra do Faxinal, que liga Cambará do Sul (RS), na parte alta dos cânions, e Praia Grande (SC), na parte baixa, onde existem trilhas que percorrem os vales dos cânions por dentro; outros cinco municípios integrantes do consórcio intermunicipal formado para pleitear o título de geoparque à Unesco, entre os quais Jacinto Machado, Morro Grande, Mampituba, Timbé do Sul e Torres, podem agora se beneficiar dessa conquista.

A região do entorno do GCCS possui vinte geossítios<sup>6</sup> propostos (Godoy; Binotto; Wildner, 2011), com potencial de atrair turistas e aumentar as demandas nos ramos

<sup>5</sup> Geoparque é uma área com limites claramente definidos, onde sítios e paisagens de relevância geológica internacional, aliados aos outros bens naturais e culturais da região, são integrados em estratégias de desenvolvimento territorial que envolvem a conservação da natureza, a educação (formal e informal) e a promoção do desenvolvimento econômico, em especial por meio do turismo.

<sup>6</sup> Geossítio é um lugar de interesse particular para o estudo da geologia, geralmente com características notáveis do ponto de vista científico, didático ou turístico; sítio geológico.

da alimentação, hotelaria e hospedagem, vestuário, construção civil, operadoras de turismo, guias turísticos, prestadores de serviços de transporte, supermercados, fabricantes e comerciantes de suprimentos, lavanderia, farmácia, etc. Todas as atividades devem aumentar a participação econômica dos municípios no PIB dos estados de SC e RS, especialmente no setor terciário (serviços), em função das atividades inerentes ao geoturismo (trilhas, passeios, hospedagem, alimentação e afins), mas também nos demais setores da economia, como consequência.

Toda esta geração de renda, possivelmente definitiva, deve atrair novos habitantes para a região e vir acompanhada de um aumento de demanda por serviços públicos relacionados ao saneamento básico, tais como a limpeza das vias públicas, coleta e disposição de resíduos (lixo doméstico, de construção civil e hospitalar), água potável e tratamento de esgoto.

As demandas devem ser previstas e contempladas, bem como fiscalizadas por usuários e pelo poder público, para manter a sustentabilidade sem que as atividades econômicas, ou decorrentes, causem prejuízos ou impactos ao meio ambiente, que é um motor propulsor de desenvolvimento ainda pouco explorado.

O conhecimento da história geológica do geoparque pode ser utilizado para fomentar o geoturismo, atrair o público leigo e impulsionar a vocação turística da região, ora reconhecida pela UNESCO, para além do interesse despertado na comunidade acadêmica, que busca o geoparque com interesses científicos diversos.

Juntamente com outras áreas de conhecimento, tais como a geomorfologia, a geotecnia e a pedologia, a geologia define geoambientes com características distintas quanto ao potencial para os recursos minerais e à favorabilidade aos usos do solo, suas aptidões e limitações, que podem ser particularmente úteis ao gerenciamento público, além de potencialmente atrair e direcionar os investimentos públicos e privados.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). **Observatório da CFEM**. Brasília, DF: ANM, 2023. (Dados abertos da ANM. Atualização 12 set. 2023. Versão Beta 1.1). Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDA5NGMyYmYtOWQyMi00NzA1LWFhOTQtNmU5NjEyMTI3ZDMxli-widCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZzL-TU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection7a43f-884dc43352e5953>. Acesso em: 3 out. 2023.
- BELLETTINI, A. da S.; MENDONÇA, R. **Setorização de áreas de risco geológico**: Jacinto Machado, Santa Catarina. [Belo Horizonte]: SGB-CPRM, 2023a. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/23444>. Acesso em: 12 jul. 2023.
- BELLETTINI, A. da S.; MENDONÇA, R. **Setorização de áreas de risco geológico**: Timbé do Sul, Santa Catarina. [Belo Horizonte]: SGB-CPRM, 2023b. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/23445>. Acesso em: 12 jul. 2023.
- BELLIENI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L. S.; MELFI, A. J.; PICCIRILLO, E. M.; NARDY, A. J. R.; STOLFA, D.; ROISENBERG, A. High- and low-Ti flood basalts from the Paraná plateau (Brazil): petrology and geochemical aspects bearing on their mantle origin. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen*, [Berlim], v. 150, p. 272–306, 1984.
- BESSER, M. L.; VASCONCELLOS, E. M. G.; NARDY, A. J. R. Morphology and stratigraphy of Serra Geral silicic lava flows in the northern segment of the Torres Trough, Paraná Igneous Province. *Brazilian Journal of Geology*, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 201-219, 2018. DOI: 10.1590/2317-4889201820180087. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjgeol/a/P7zzTLWR3tQHX5dkqjYXBxk/?lang=en>. Acesso em: 12 jul. 2023.
- CHEMALE JÚNIOR, F. Evolução geológica do Escudo SulRioGrandense. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. p. 1352.
- CISNEROS, J. C.; ABDALA, F.; MALABARBA, M. C. Pareiasaurids from the Rio do Rasto Formation, Southern Brazil: Biostratigraphic implications for Permian faunas of the Paraná Basin. *Revista Brasileira de Paleontologia*, São Leopoldo, v. 8, n. 1, p. 13-24, 2005.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa geológico do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2014. Escala 1:500.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17996>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul RS/SC**: proposta. Porto Alegre: CPRM, 2011. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/17168/canionsdosul.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2009. Escala 1:750.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/14710>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa geodiversidade do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2010. Escala 1:500.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/14712>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- ERLANK, A. J.; MARSH, J. S.; DUNCAN, A. R.; MILLER, R. M. C. G.; HAWKESWORTH, C. J.; BETTON, P. J.; REX, D. C. Geochemistry and petrogenesis of the Etendeka volcanic rocks from SWA/Namibia. In: ERLANK, A. J. (ed.). **Geological Society of South Africa Special Publication**, Johannesburg, v.13, p. 195245., 1984.
- FRANK, H. T. T.; GOMES, M. E. B.; FORMOSO, M. L. L.; ELISA, M.; GOMES, B., LUIZ, M.; FORMOSO, L. Review of the areal extent and the volume of the Serra Geral Formation,

- Paraná Basin, South America. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 36, p. 4957, 2009.
- GODOY, M. M.; BINOTTO, R. B.; WILDNER, W. Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul (RS/SC): proposta. *In*: SCHOBENHAUS, C.; SILVA, C. R. da (org.). **Geoparques do Brasil**: propostas. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. p. 457-492. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17168>. Acesso em: 12 jul. 2023.
- HARTMANN, L. A. A história natural do Grupo Serra Geral desde o Cretáceo até o Recente. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, p. 173-182, 2014. (Edição Especial).
- HOELZEL, M. Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes: Jacinto Machado, SC. [Porto Alegre]: CPRM, 2012. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18716>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- HOELZEL, M.; LAMBERTY, D.; JORGE, M. de Q. **Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa**: Torres, Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 2014. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/20141>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- HOELZEL, M.; ZWIRTES, S. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes**: Timbé do Sul, SC. Porto Alegre: CPRM, 2012. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18756>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- HORN FILHO, N. O.; LOSS, E. L.; TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A.; DEHNHARDT, E. A.; KOPPE, J. C. **Mapa Geológico das Folhas Três Cachoeiras e Torres**. Porto Alegre: UFRGS/CECO, 1984. 1:100.000.
- HORN, B. L. D.; OLIVEIRA, A. A.; SIMÕES, M. S.; BESSER, M. L.; ARAÚJO, L. L. de. **Mapa geológico da Bacia do Paraná**. Porto Alegre: SGB-CPRM, 2022. Escala 1:1.000.000. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/23037>. Acesso em: 19 ago. 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malha municipal digital e áreas territoriais 2022**. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html#:~:text=Sobre%20a%20publica%C3%A7%C3%A3o%20%2D%202022&text=No%20ano%20de%202022%2C%20a,Fernando%20de%20Noronha%20%E2%80%93%20PE\)%3B](https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html#:~:text=Sobre%20a%20publica%C3%A7%C3%A3o%20%2D%202022&text=No%20ano%20de%202022%2C%20a,Fernando%20de%20Noronha%20%E2%80%93%20PE)%3B). Acesso em: março de 2023
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT (Brasil). **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações**: município de Jacinto Machado - SC. Rio de Janeiro: IPT, 2015a. 1 mapa, color. Escala 1:50.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/15136>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT (Brasil). **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações**: município de Timbé do Sul - SC. Rio de Janeiro: IPT, 2015b. 1 mapa, color. Escala 1:50.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/15156>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- JUCHEM, P. L. **Mineralogia, geologia e gênese dos depósitos de ametista da região do alto Uruguai, Rio Grande do Sul**. 1999. 225 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- LAVINA, E. L.; LOPES, R. da C. A transgressão marinha do Permiano Inferior e a evolução paleogeográfica do Supergrupo Tubarão no Estado do Rio Grande do Sul. **Paula Coutiana**, Porto Alegre, n. 1, p. 51-103, 1986.
- LUCAS, S. G. Global Permian tetrapod biostratigraphy and biochronology. *In*: LUCAS, S. G.; CASSINIS, G.; SCHNEIDER, J. W. (ed.). **Non-marine Permian biostratigraphy and biochronology**. London: Geological Society, 2006. p. 65-93. (Special Publications, 265).
- MARSH, J. S.; SWART, R. The Bero Volcanic Complex: Extension of the Paraná-Etendeka Igneous Province into SW Angola. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, Amsterdam, v. 355, p. 2131, 2018.
- MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A. DE; FERNANDES, L. A. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, São Paulo, v.15, n.2, p.265-287, 2007.
- MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. 1997. 2 v. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- MILNER, S. C.; DUNCAN, A. R.; EWART, A.; MARSH, J. S. Promotion of the Etendeka Formation to Group status: a new integrated stratigraphy. **Communications of the Geological Survey of Namibia**, Windhoek, v.9, p. 511, 1994.
- NARDY, A. J. R., MACHADO, F. B.; OLIVEIRA, M. A. F. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímicoestratigráficas. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 38, p. 178195, 2008.
- PEATE, D. W.; HAWKESWORTH, C. J.; MANTOVANI, M. S. M. Chemical stratigraphy of the Paraná lavas (South America): Classification of magma types and their spatial distribution. **Bulletin of Volcanology**, Berlim, v. 55, p.119-139, 1992.
- PEATE, D. W. 1997. The Parana-Etendeka Province. *In*: MAHONEY, J. J.; COFFIN, M. F. **Large Igneous Provinces**: continental, oceanic and planetary flood volcanism. [s.l.]: American Geophysical Union, 1997. p. 217245.
- PEIXOTO, C. A. B.; NORONHA, F. de L. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes**: Praia Grande, Santa Catarina. [Porto Alegre]: CPRM, 2017. Disponível em <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18854>. Acesso em: 19 ago. 2022.

- PETRY, K.; JERRAM, D. A.; ALMEIDA, D. P. M.; ZERFASS, H. Volcanic-sedimentary features in the Serra Geral Fm., Paraná Basin, southern Brazil: Examples of dynamic lava-sediment interactions in an arid setting. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, Amsterdam, v.159, n. 4., p. 313-325, 2007.
- PICCIRILLO, E. M.; MELFI, A. J. **The Mesozoic flood volcanism from the Paraná Basin (Brazil):** petrogenetic and geophysical aspects. São Paulo: USP, 1988.
- PINTO, V. M.; HARTMANN, L. A.; SANTOS, J. O. S.; MCNAUGHTON, N. J.; WILDNER, W. 2011. Zircon U–Pb geochronology from the Paraná bimodal volcanic province support a brief eruptive cycle at ~135 Ma. **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 281, p.93-102, 2011.
- PINTO, V. M.; HARTMANN, L. A.; SANTOS, J. O. S.; MCNAUGHTON, N. J.; WILDNER, W. Zircon U–Pb geochronology from the Paraná bimodal volcanic province support a brief eruptive cycle at ~135 Ma. **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 281, p.93-102, 2011.
- RENNE, P. R.; ERNESTO, M.; PACCA, I. G.; COE, R. S.; GLEN, J.; PRÉVOT, M.; PERRIN, M. Rapid eruption of the Paraná flood volcanism, rifting of southern Gondwanaland and the Jurassic-Cretaceous boundary. **Science**, Washington, v. 258, p. 975-979, 1992.
- RIZZON, G. C. **Caracterização petrográfica e tecnológica dos riocitos da raiz de um domo na região de Frei Caneca, São Marcos, RS.** 2010. 98 f Monografia (Trabalho de conclusão do Curso de Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/28618>. Acesso em: 13 jun. 2023.
- ROCHA, V. S. **Análise paleoambiental da Formação Teresina, Permiano da Bacia do Paraná (Brasil), e suas implicações paleoclimáticas.** 2020. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.
- ROSSETTI, L.; LIMA, E. F.; WAICHEL, B. L.; HOLE, M. J.; SIMÕES, M. S.; SCHERER, C. M. S. Lithostratigraphy and volcanology of the Serra Geral Group, Paraná-Etendeka igneous province in southern Brazil: towards a formal stratigraphical framework. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, Amsterdam, v. 355, p. 98-114, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.05.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377027317302810?via%3Dihub>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- ROSSETTI, L. M. M.; SIMÕES, M. S.; LIMA, E. F. L.; WAICHEL, B. L.; SOMMER, C. A. Estratigrafia do Grupo Serra Geral na Calha de Torres, Sul do Brasil. In: JELINEK, A. R.; SOMMER, C. A. (ed.) **Contribuições à geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Porto Alegre: Compasso Lugas-Cultura, 2021. p.321-336.
- SCHERER, C. M. S.; FACCINI, U. F.; LAVINA, E. L. Arcabouço estratigráfico do Mesozoico da Bacia do Paraná. In: HOLZ, M.; ROS, L.F. (ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS/CIGO, 2000. p. 335-354.
- SCHERER, C. M. S.; REIS, A. D.; HORN, B. L. D.; BERTOLINI, G.; LAVINA, E. L.; KIFUMBI, C.; AGUILAR, C. G. The stratigraphic puzzle of the permo-mesozoic southwestern Gondwana: the Paraná Basin record in geotectonic and palaeoclimatic context. **Earth-Science Reviews**, Amsterdam, v.240, 104397, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104397>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825223000867?via%3Dihub>. Acesso em: 19 ago. 2023.
- SCHMITT, R. S.; SILVA, E. A. A história do supercontinente Gondwana em três partes. **Revista Superinteressante**, São Paulo, 28 out 2022. Disponível em: <https://super.abril.com.br/coluna/deriva-continental/a-historia-do-supercontinente-gondwana-em-tres-partes>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- SILVA, M. A. S.; LEITE, S. R. **Criciúma:** folha SH.22-X-B, estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: CPRM, 2000. Escala 1:250.000. Projeto de Mapeamento Geológico, Metalogenético Sistemático; Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/8654>. Acesso em: 19 ago. 2023.
- VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. da (org.). **Geodiversidade do estado de Santa Catarina.** Porto Alegre: CPRM, 2016. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17126>. Acesso em: 25 out. 2022.
- VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. da. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CPRM, 2010. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/16774>. Acesso em: 25 out. 2022.
- WILDNER, W.; HARTMANN, L.; LOPES, R. da C. Serra Geral Magmatism in the Paraná Basin: a new stratigraphic proposal, chemical stratigraphy and geological structures. In: WORKSHOP PROBLEMS IN THE WESTERN GONDWANA GEOLOGY, 1., Gramado, RS, 2007. **Extended Abstracts** [...]. Porto Alegre: UFRGS, 2007. p. 189-197.
- WILDNER, W.; RAMGRAB, G. E.; LOPES, R. da C.; IGLESIAS, C. M. da F. **Geologia e recursos minerais do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CPRM, 2008. Escala 1:750.000. (Projeto Mapas Estaduais – PME). Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10301>. Acesso em: 28 jun. 2023.
- ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S., APPI, V. T.; ZANOTTO, O. A. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1987. **Atas**[...] Curitiba, SBG, 1987. v. 1, p. 441477.

Contatos: [seus@sgb.gov.br](mailto:seus@sgb.gov.br) / [solicita.deget@sgb.gov.br](mailto:solicita.deget@sgb.gov.br)



**INFORME TÉCNICO-CIENTÍFICO DE PREVENÇÃO DE  
DESASTRES E ORDENAMENTO TERRITORIAL**

**V.4, N.2, Setembro 2023**

**ISSN 2764-2054**

Publicação on-line seriada do Serviço Geológico do Brasil  
Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial  
Departamento de Gestão Territorial – DEGET

**Disponível em:** [rigeo.sgb.gov.br](http://rigeo.sgb.gov.br)

Serviço Geológico do Brasil  
Av. Pasteur, 404 Urca - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
CEP: 22.290-255  
Telefone:(21) 2295-0032

**COMISSÃO DE PUBLICAÇÃO**

**Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial:** Alice Silva de Castilho

**Departamento de Gestão Territorial:** Diogo Rodrigues da Silva

**Corpo editorial:** Carlos Schobbenhaus Filho, Cassio Roberto Silva, Maria Adelaide Mansini Maia, Maria Angélica Barreto, Sandra Fernandes da Silva, Diogo Rodrigues da Silva.

**Editor:** Eduardo Paim Viglio

**Corpo de revisores:** Aline Costa Nogueira, André Luis Invernizzi, Débora Lamberty, Douglas da Silva Cabral, Heródoto Góes, Iris Celeste Nascimento Bandeira, Ivan Bispo de Oliveira Filho, José Luiz Marmos, Júlio César Lana, Marcelo Eduardo Dantas, Marcey Ferreira Machado, Melissa Franzen, Michele Silva Santana, Patrícia da Fonseca Almeida, Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff, Raimundo Almir Costa da Conceição, Rogério Valença Ferreira, Sheila Gatinho Teixeira, Thiago Dutra dos Santos e Tiago Antonelli.

**Revisão de texto:** Irinéa Barbosa da Silva

**Normalização bibliográfica:** Rede de Bibliotecas Ametista

**Editoração eletrônica:** Divisão de Editoração Geral – DIEDIG