

**PATRIMÔNIO GEOLÓGICO DO TIPO ESTRUTURAL: O CASO DO
GNAISSE DA SUÍTE PARAMETAMÓRFICA CAMBAIZINHO, SÃO GABRIEL
(RS)**

**GEOLOGICAL HERITAGE OF THE STRUCTURAL TYPE: THE CASE OF
THE CAMBAIZINHO PARAMETAMORPHIC SUITE GNEISS, SÃO GABRIEL
(RS)**

Luciano Schaefer Pereira

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba: Joao Pessoa, PB, BR

LUCIANO.PEREIRA@ifpb.edu.br

<https://orcid.org/0000-0001-7516-1448>

DOI:10.9771/geocad.v19i0.57210

Resumo

O Patrimônio Geológico, que pode ser paleontológico, estratigráfico, petrográfico, mineiro, mineralógico ou tectônico/estrutural, de uma área corresponde ao somatório de geossítios que possuem valores excepcionais e que, desta maneira, podem ser utilizados para a prática do geoturismo ou para fins geoconservacionistas. Assim, foi realizado um inventário de reconhecimento, através do preenchimento de uma ficha contendo uma série de informações, com o intuito de se identificar potenciais geossítios presentes nas redondezas do município de São Gabriel (RS), uma região com complexa associação de tipos litológicos, que pertençam ao Patrimônio Geológico da área no viés tectono/estrutural. Foi selecionado, ao final, um geossítio, apresentado neste artigo, classificado como um gnáisse quartzo-feldspático com biotita, de idade Proterozóica. Este corpo possui elevado valor científico por apresentar preservados dois eventos deformacionais, quatro fases de deformação e dois eventos metamórficos distintos, propiciando, assim entender a dinâmica estrutural/tectônica do Bloco São Gabriel.

Palavras-chave: Geossítio; Complexo Cambaí; análise estrutural; Patrimônio Geológico.

Abstract

The Geological Heritage, which can be paleontological, stratigraphic, petrographic, mining, mineralogical or tectonic/structural, of an area corresponds to the sum of geosites that have exceptional values and that, in this way, can be used for the practice of geotourism or for purposes geoconservationists. Therefore, a recognition inventory was carried out, by filling out a form containing a series of information, with the aim of identifying potential geosites present in the surroundings of the municipality of São Gabriel (RS), a region with a complex association of lithological types, that belong to the Geological Heritage of the area in the tectonic/structural bias. In the end, a geosite was selected, presented in this article, classified as a quartz-feldspathic gneiss with biotite, of Proterozoic age. This body has high scientific value as it presents two preserved deformation events, four phases of deformation and two distinct metamorphic events, thus providing an understanding of the structural/tectonic dynamics of the São Gabriel Block.

Keywords: Geosite; Cambai Complex; structural analysis; Geological Heritage

1 -INTRODUÇÃO

O termo ‘geossítio’ descende do grego (‘*geo*’ – Terra e ‘*situs*’ – local, sítio) e, segundo Brilha (2005), o somatório de geossítios inventariados e caracterizados em uma área corresponde ao ‘Patrimônio Geológico’ de uma determinada área ou região, sendo os geossítios pontos específicos, bem delimitados geograficamente, que possuem valor único do ponto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico, entre outros. Resumindo, o autor insere no patrimônio geológico todo e qualquer recurso, dito não-renovável, ou formas, que estão na geosfera e que mereçam ser preservadas, sejam fósseis, afloramentos rochosos, relevo, minerais, solos, estruturas estratigráficas, estruturas tectônicas, etc.

Assim, um geossítio é uma característica natural que testemunha a relação entre processos que formaram e moldaram a Terra e os produtos resultantes que atuaram no passado e ainda afetam o presente. Os geossítios geralmente representam recursos de geoheranças que devem ser estudados, avaliados (quali e quantitativamente), conservados e desenvolvidos para garantir que as gerações futuras possam continuar aprendendo a geohistória da Terra (geológica, geomorfológica, hidrológica e/ou pedológica), apreciar a beleza natural dos locais e impulsionar o desenvolvimento socioeconômico (BRUNO, 2014), através, por exemplo, da prática do geoturismo.

Pereira (2019) subdividiu o Patrimônio Geológico nas categorias (ou elementos): paleontológicas, estratigráficas, petrográficas, mineiras, mineralógicas e tectônico/estruturais. O afloramento apresentado neste artigo corresponde a um exemplar geológico de viés estrutural, o qual consiste em uma feição em diferentes escalas (do afloramento à paisagem), que mostra a ocorrência de eventos tectônicos ou neotectônicos.

Como referido anteriormente, a inventariação de geossítios pode ser realizada para diversos fins, a exemplo dos geoturísticos ou geoconservacionistas. Competiu ao professor da Faculdade de Lazer e Turismo da Buckinghamshire College, Dr. Thomas Hose, introduzir, em 1995, o conceito de geoturismo na literatura como sendo “o fornecimento de facilidades interpretativas e de serviços que possibilitem aos turistas adquirir conhecimento e entendimento da geologia e geomorfologia de um sítio (incluindo sua contribuição para o desenvolvimento das Ciências da Terra) além do nível de mera apreciação estética” (HOSE, 1995, p. 17, tradução livre). Assim, o foco das atenções está nos geossítios presentes em trilhas geointerpretativas.

Downling (2011) afirmou que o geoturismo é um veículo utilizado para apreciar e compreender o geopatrimônio (e seus geossítios) e promover a geoconservação. Muitos países têm realizado diversos esforços para proteger seus geossítios importantes como recursos do patrimônio abiótico por meio da geoconservação, um novo campo emergente das Geociências que se concentra na gestão e proteção dos elementos geológicos de valores excepcionais (HENRIQUES et al, 2011), enquanto desenvolvem o setor do turismo, um dos quais é através da criação de geoparques a serem incluídos na Rede Global de Geoparques da UNESCO (HENRIQUES e BRILHA, 2017).

No Brasil, o papel da Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) foi fundamental para disseminar e incrementar uma sistemática envolvendo o geopatrimônio, em especial o patrimônio geológico. Em 2001, a SIGEP publicou o primeiro resultado do mapeamento e listagem de geossítios no país, com o lançamento do 1º volume do livro “Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil”, com a relação de

58 geossítios. Atualmente, o livro está em seu 3º volume, publicado em 2014. Segundo os autores, o patrimônio natural então dividido em 12 categorias de sítios, nos volumes I e II (astroblemas, espeleológicos, estratigráficos, geomorfológicos, hidrogeológico, da história da geologia e mineração, ígneos, marinhos, paleoambientais, paleontológicos, sedimentológicos e tectônicos, sensu SCHOBENHAUS et al., 2002 e WINGE et al., 2009), foram reduzidos a sete no terceiro volume (astroblemas, geomorfológicos, da história da geologia, paleontologia e mineração, paleoambientais, paleontológicos, sedimentológicos e com linguagem popular, sensu WINGE et al., 2014), resultando, num total de 154 sítios geológicos e paleobiológicos inventariados no território nacional.

Este artigo apresenta um estudo em que apresenta um afloramento de paragnáisse no município de São Gabriel (RS), cujas características estruturais colaboram no entendimento de dois grandes eventos deformacionais pelos quais o Terreno São Gabriel foi submetido, assim como quatro fases de deformação e dois eventos metamórficos, propiciando que o corpo seja considerado um relevante geossítio com excelente valor científico e pedagógico.

II - METODOLOGIA

Para se chegar aos resultados propostos neste trabalho a partir da problemática, obedeceu-se a uma série de critérios rigorosos de metodologia científica, visando o entendimento da realidade, seus problemas e especificidades, envolvendo três fases distintas: preparatória, mapeamento geológico e complementar de laboratório.

A fase preparatória envolveu três atividades, de acordo com Brilha (2015): levantamento bibliográfico, definição de tramas (*'frameworks'*) geológicas e reconhecimento de potenciais geossítios.

O levantamento bibliográfico incluiu uma pesquisa da produção bibliográfica presente em fontes primárias, como livros, teses de doutoramento, dissertações de mestrado e em artigos científicos publicados no Brasil e no exterior, assim como periódicos eletrônicos sobre a geologia regional e da área de pesquisa. Foi realizada, também, uma revisão de literatura sobre os métodos de inventário do Geopatrimônio, com base nos trabalhos do ProGeo (Associação Internacional para a Conservação do Patrimônio Geológico), que serviram como estrutura para as iniciativas implementadas pela IUGS (União Internacional de Ciências Geológicas), no âmbito do Programa Global de Geossítios, no GEOSSIT e no método utilizado no inventário do patrimônio geológico do Estado do Rio Grande do Sul (BORBA et al., 2013).

As tramas geológicas são compartimentos geológicos da área a ser inventariada (GONGGRIJP, 2000), que reúnem características ígneas, estratigráficas, tectônicas, entre outros, com limites geológicos bem definidos. Este conceito é muito útil para sistematizar o reconhecimento do geossítio a ser inventariado, o qual permitiu a identificação do local de acordo com seu contexto geológico, não apenas individualmente. Assim, as tramas geológicas correspondem aos temas que melhor representam a história geológica de um território. Para o território deste trabalho, critério tectono-estruturais foram aplicados para definir a trama geológica.

Após a definição da trama geológica, deu-se início à etapa do reconhecimento de possíveis geossítios através da pesquisa da produção bibliográfica. Afloramentos rochosos tradicionalmente utilizados em saídas de campo universitárias também foram incluídas, assim como a opinião de professores e pesquisadores.

Desse levantamento, foram armazenados, em um banco de dados criado pelo autor, 16 possíveis geossítios nas redondezas do município de São Gabriel (RS), a partir de uma inventariação, ou avaliação qualitativa, de reconhecimento¹ (SHARPLES, 2002), contendo o enquadramento (nome do geossítio, coordenadas no sistema UTM e extrato da carta topográfica), descrição do local (vias de acesso, tipo de escala e síntese descritiva do local) e importância (potencialidade que justifica a escolha do geossítio – valores estético, científico, cultural, funcional e econômico, de excepcional a não aplicável) e ameaças (vulnerabilidade antrópica, natural e o número mensal de visitantes).

Localizado no município de São Gabriel, o geossítio Gnáisse da Suíte Parametamórfica Cambaizinho encontra-se na folha Rufino farias (SH-21-Z-B-III-4, escala 1:50:000), nas proximidades do município de Santa Margarida do Sul, com as coordenadas geográficas 30°23'35" S e 54°05'52" W (figura 1).

O armazenamento destes dados se deu após o trabalho de campo, que envolveu a visita aos 16 possíveis geossítios, tendo sido utilizado fotos aéreas nas escalas 1: 25000 e 1:60000, estereoscópios de mesa e de bolso, carta topográfica 1: 5000 da folha Rufino Farias, a partir da identificação de valores geopatrimoniais, que os converterão, ou não, em efetivos recursos geoturísticos ou passíveis de geoconservação. Esta avaliação qualitativa propiciou a seleção daquele corpo com valor geopatrimonial que foi mapeado com detalhe e apresentado neste trabalho.

O trabalho complementar de laboratório foi dividido em duas subetapas, conforme descrito a seguir.

i) Confecção e análise de lâminas delgadas: o estudo petrográfico foi realizado em seções delgadas em um microscópio polarizante da marca Leica DMLP, com contador de pontos eletrônico acoplado, controlado via computador pelo aplicativo PETROG v. 2.45, da *Conwy Valley Systems Ltd*. Ao todo, foram confeccionadas 06 lâminas delgadas do Gnáisse Parametamórfico Cambaizinho. Esta análise objetivou classificar as rochas amostradas, assim como reconhecer sua mineralogia e texturas, possibilitando classificá-las com mais precisão. Desse modo, optou-se pela elaboração de lâminas daquelas que apresentavam o mínimo de alteração intempérica. Utilizou-se a classificação de Winkler (1967), que enfatiza a presença de uma nomenclatura base e um prefixo, tendo a mineralogia metamórfica papel definidor.

ii) Elaboração de redes estereográficas: considerando que o mapeamento levou em consideração, principalmente, o caráter tectono-estrutural dos afloramentos, durante o trabalho de campo foram mapeadas as principais feições deste porte, como atitudes de lineamentos, foliações, xistosidades, bandamentos e dobramentos. A partir destas informações, foram elaborados estereogramas de contorno, baseados em Loczy e Ladeira (1976).

¹ A abordagem estratégica envolve, segundo Sharples (2002) uma avaliação sistemática e comparativa de uma grande área, identificando os locais a serem alvo de geoconservação. Os inventários de reconhecimento, segundo o autor, são o primeiro passo para a identificação de feições ou locais significativos, a partir de uma revisão bibliográfica, consulta a especialistas e algum trabalho de campo.

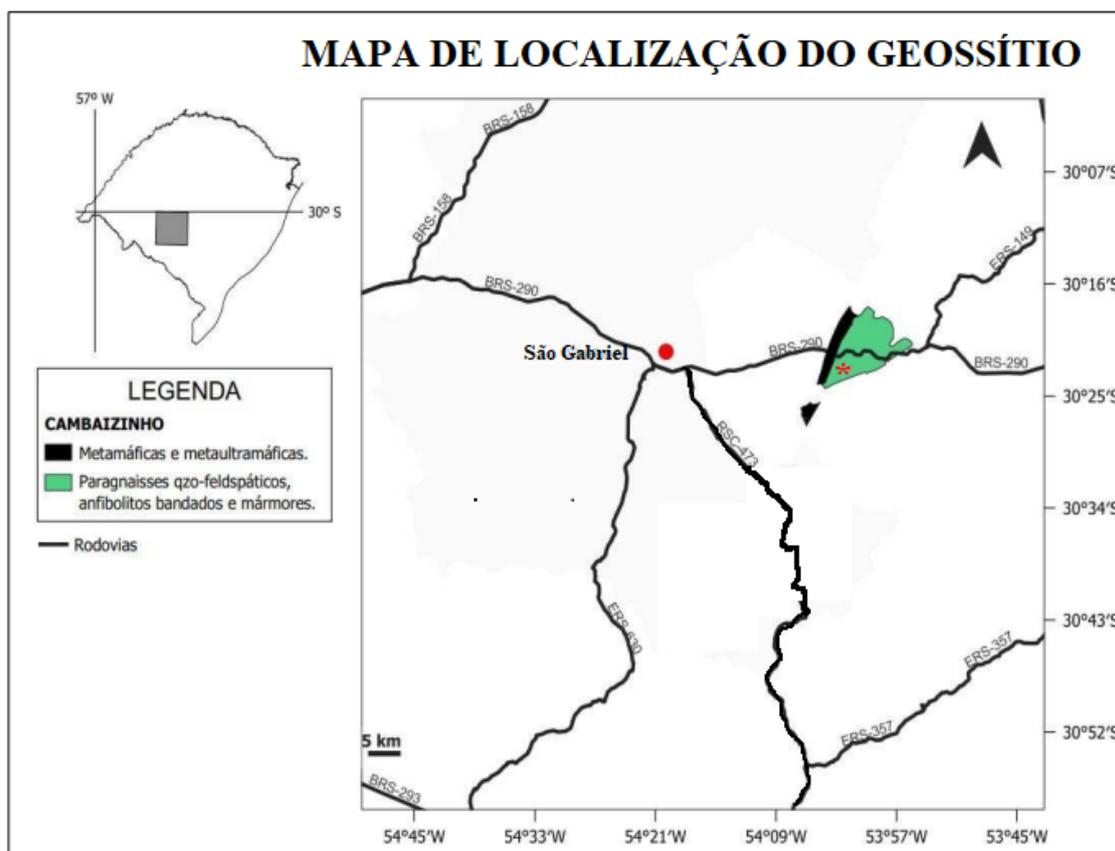


Figura 1 – Localização do geossítio (*), pertencente à porção gnáissica da Suíte Parametamórfica Cambaizinho. Fonte: modificado de Quevedo (2023).

III -Geologia da Área

O Escudo Sul-Riograndense situa-se na porção meridional do Estado do Rio Grande do Sul, cuja área compreende aproximadamente 45 mil km² e é constituído por uma complexa associação de tipos litológicos, distribuídos desde o Arqueano até o Paleozóico, considerado por Almeida et al. (1977) como sendo a porção aflorante sul da Província Mantiqueira.

Geologicamente, é subdividido em duas porções principais, oeste e leste, separados por uma porção mediana dominada pelos sedimentos brasileiros da Bacia do Camaquã (RIBEIRO e FANTINEL, 1978). No início da década de 1980 alguns autores sugeriram a subdivisão dos dois blocos principais em assembleias petrotectônicas separadas por lineamentos regionalmente abrangentes. A porção oeste foi compartimentada em dois blocos principais, separadas pelo lineamento de Ibaré (HARTMANN e NARDI, 1983): a norte, o Terreno São Gabriel (sensu JOST e HARTMANN, 1984, onde está presente o geossítio) e, a sul, o Terreno Taquarembó (NAUMANN et al., 1984).

O Terreno São Gabriel é uma unidade geotectônica localizada na porção ocidental do Cinturão dom Feliciano. Sua delimitação ocorre ao sudoeste pela Zona de

Cisalhamento Ibaré, que o separa do Terreno Taquarembó, considerado como um fragmento do Cráton Rio de La Plata, uma unidade de idade Arqueana-Paleoproterozóica (HUECK et al., 2018). Na direção sudeste, o Terreno São Gabriel é delimitado pela Zona de Cisalhamento Caçapava do Sul, que o separa do Terreno Tijucas, com idade 2,35-0,78 Ga.

Chemale Jr et al. (1994) dividem o Terreno São Gabriel em três unidades litoestratigráficas principais: Complexo Cambaí, Supergrupo Vacacaí e Sequência Plutono-vulcano-sedimentar Seival. No Complexo Cambaí estão inseridas rochas gnáissicas monzograníticas, granodioríticas e tonalíticas/trondhjémíticas, entre elas as apresentadas neste artigo, com intercalações de anfibolitos, ultramafitos e margas metamorfizadas em fácies anfibolito, fornecendo idade Rb/Sr de aproximadamente 645 Ma.

Segundo Babinski et al. (1996), o Ciclo Brasileiro no Sul do Brasil está representado por duas unidades geotectônicas, Cinturão dom Feliciano (a leste) e Terreno São Gabriel (a oeste), onde este seria uma extensão da Província Mantiqueira, do qual é separado por uma cobertura fanerozóica. O Terreno São Gabriel consiste em uma sequência vulcanosedimentar metamorfizada na fácies xistos verdes a anfibolito (Supergrupo Vacacaí – 750 Ma) que foi empurrada sobre rochas gnáissicas de composição tonalítica a granodiorítica, geradas em condição de fácies anfibolito (Complexo Cambaí – 700 Ma). Ocupa uma área de aproximadamente 8 mil Km² e é limitado a leste pelo Cinturão dom Feliciano, a sul pelo Bloco Taquarembó e encoberto a norte e oeste pelos sedimentos Permianos da Bacia do Paraná.

Através de dados geocronológicos, tais autores indicaram haver um evento orogênico significativo no Terreno São Gabriel entre 700 – 750 Ma, denominado Evento São Gabriel (CHEMALE JR et al., 1996). Chemale Jr et al. (1995) identifica duas principais unidades tectônicas neste boco: Cinturão Vila Nova (700 – 750 Ma), correspondente a uma das poucas áreas de crosta juvenil preservada na orogenia Brasileira e a Sequência Plutono-vulcanosedimentar Seival (rochas da Bacia do Camaquã e seu magmatismo associado). Um segundo evento orogênico ocorrido, em torno de 600 Ma, denominado Evento dom Feliciano, representa a acresção do Terreno São Gabriel e do Cinturão Vila Nova em um cráton mais velho. Por haver um intervalo de aproximadamente 100 Ma entre as duas orogêneses, os autores sugeriram que o Terreno Vila Nova, do Terreno São Gabriel, se comportou como um antepaís durante a orogênese dom Feliciano. Estes dois eventos, com suas deformações associadas, foram preservados e analisados no geossítio, conforme apresentado a seguir. Todas as informações apresentadas acima podem ser visualizadas na figura 2.

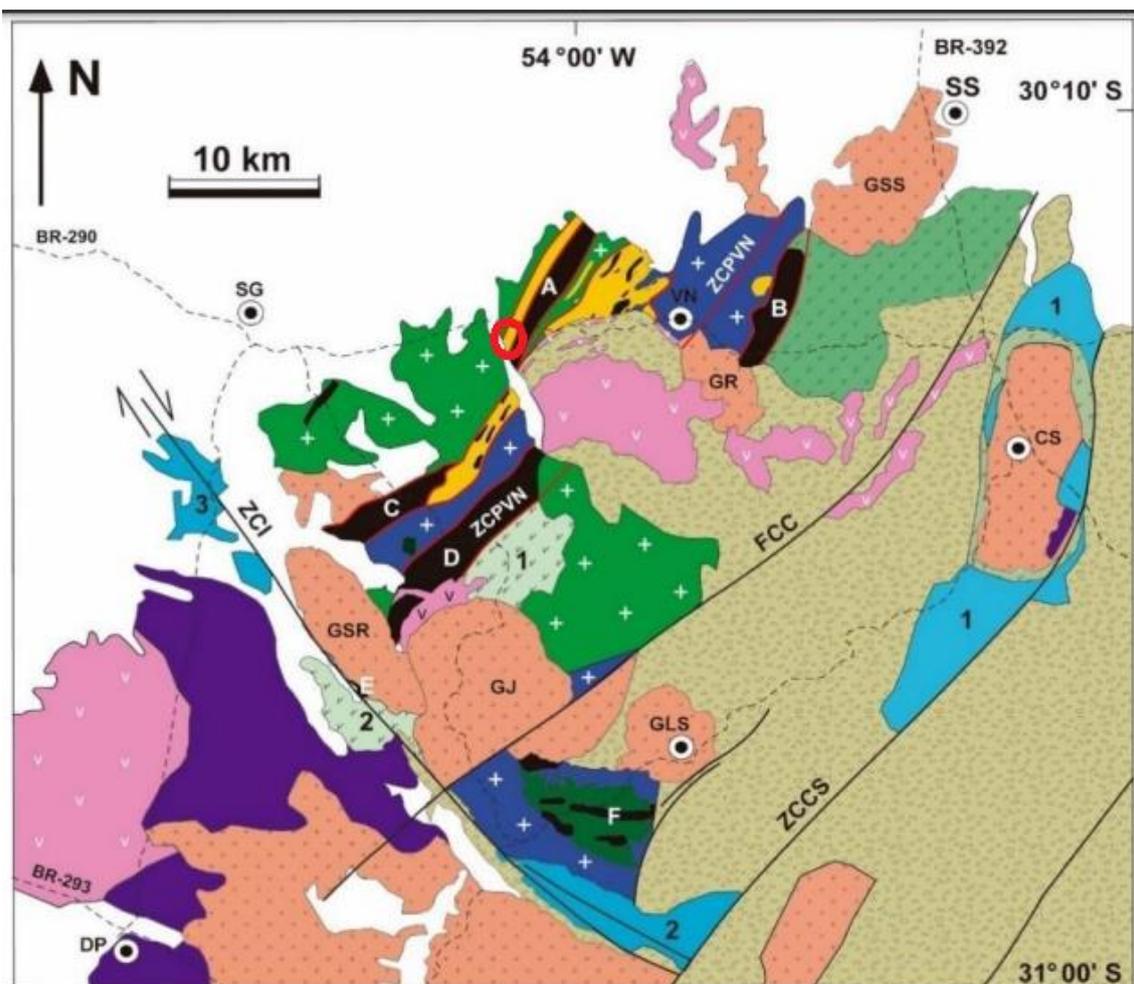
Os formandos do Curso de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul de 1962 realizaram o primeiro trabalho sobre a área do Arroio Cambaizinho, onde foram descritas rochas migmatíticas homogêneas e heterogêneas, atribuídas à Formação Cambaí (GOÑI et al., 1962), representando o embasamento da área.

O Complexo Cambaí foi denominado inicialmente de Formação Cambaí (GOÑI et al., 1962), evoluindo para Grupo Cambaí (JOST e VILWOCK, 1966) até chegar a denominação de Complexo Cambaí (ISLER, 1983), caracterizado por uma associação de rochas de considerável complexidade litoestrutural, representadas composicionalmente por monzogranitos, monzonitos, quartzodioritos e tonalitos. Podem-se apresentar desde isotropas até foliadas, onde o grau de deformação sendo maior corresponde a gnáisses

polifásicos, também metamorfizados na fácies xistos verdes a anfibolito. Neste artigo, a Suíte Parametamórfica Cambaizinho é uma redefinição do Complexo Cambaí (ISSLER, 1982).

Remus (1990) realizou um mapeamento detalhado na região do Arroio Cambaizinho, separando a associação supracrustal em duas sequências rochosas: uma sequência metassedimentar, composta predominantemente por gnáisses quartzofeldspáticos, derivados de pelitos, incluindo o gnáisse mapeado neste artigo, e com intercalações de anfibolitos, rochas calcossilicáticas e quartzito e; uma sequência máfica/ultramáfica, representada por serpentinitos, xistos magnesianos, anfibolitos e metagabros.

Lena et al. (2014) interpretou os gnáisses quartzofeldspáticos como parte de uma bacia back-arc ou fore-arc, derivados de rochas juvenis de arcos magmáticos com idade Toniana (Neoproterozóica), resultantes do fechamento do proto-oceano Charrua. Segundo Arena et al. (2016), a orogênese desse complexo foi de caráter acrescionário, o que levou à intercalação do tipo *mélange* entre fragmentos deformados de complexos ofiolíticos de idade Toniana, juntamente com lentes metaarcoseanas, de anfibólio bandados, quartzitos e mármore.



	 Cobertura Fanerozoica	
OROG. DF	Bacia do Camaquã   a) Fm. Acampamento Velho, b) Granitos tardi-orogênicos (600-550 Ma) (GSS: São Sepé, GR: Ramada, CR: Cerro da Cria e GJ: Jaguari)  Rochas sedimentares indiviso	 Cidades  BR-293 Rodovias  Zonas de Cisalhamento
OROGÊNESE SÃO GABRIEL	Suíte Lagoa da Meia Lua (705-680 Ma)  Granodioritos, monzogranitos, hb dioritos e gabros Complexos Pontas do Salso (1) e Ibaré (2) (zd: 900-680 Ma)  Meta-arenitos, metasiltilitos, meta-arenitos conglomeráticos e rochas metavulcanoclásticas ácidas Complexo Cambaizinho (zd: 900-700 Ma)  Paragnaisses qz-feldspáticos, anfíbolitos (metamargas), mármores, quartzitos e gnaisses pelíticos Complexo Cambai (750-720 Ma)  Metatonalitos, metagranodioritos Ortognaisses e metagranitóides com xenólitos de rochas supracrustais Complexo Bossoroca (vulcanismo: 780-760 Ma) (zd: 900-760 Ma)  Metadacitos, metandesitos, metatufos de composição ácida e cálcico-alcalina, metassedimentos epiclásticos	
O. PASSINHO	Complexo Imbicuí (900-850 Ma)  Gnaisses dioríticos a tonalíticos cálcico-alcalinos baixo-K (TTG) Complexos Metamáfico-ultramáficos (940-890 Ga)  Xistos magnesianos, serpentinitos, metaperidotitos, metagabros, metapiroxenitos (Ofiolitos: A-Serrinha, B-Arroio Lajeado, C-Passo do Ivo, D-Palma, E-Ibaré, F-Cerro Mantiqueiras)	
EMBAS.	Complexos Passo Feio (1), Arr. Marmeleiro (2), Coxilha do Batovi (3)  Quartzitos, meta-arenitos, metapelitos, mármores e xistos cálcico-silicáticos (zd:3.0-1.57 Ga)  Complexo Encantadas (2.35-2.10 Ga)  Complexo Granulítico Santa Maria Chico (2.5-2.2 Ga)	

Figura 1 - Mapa geológico do Terreno São Gabriel, mostrando suas principais unidades e a localização do gnáisse mapeado, com o círculo vermelho (legenda: EDF - Evento Dom Feliciano (0,65-0,57 Ga), d - intervalo de dados de zircão detrital U-Pb); zonas de cisalhamento: ZCCS - Caçapava do Sul, ZCDC - Dorsal do Canguçu, ZCI- Ibaré e ZCPVN - Palma-Vila Nova do Sul; seções geológicas: I - Vila Nova do Sul- Bossoroca, II – Panorama-Cerro do Ouro e III - Coxilha do Batovi-Palma-Pontas do Salso; cidades: B - Bagé, DP - Dom Pedrito, CS - Caçapava do Sul, LS – Lavras. do Sul, VN - Vila Nova do Sul e SG – São Gabriel. Fonte: modificado de Quevedo (2023).

IV - RESULTADOS: O GNÁISSE DA SUÍTE PARAMETAMÓRFICA CAMBAIZINHO – UM EXEMPLO PATRIMONIAL GEOLÓGICO NO VIÉS ESTRUTURAL

A rocha aflora como um extenso lajedo, com 600 m de extensão, de um corpo com até 2 Km² de área, que não segue o *trend* regional NE pois é condicionada pela foliação de baixo ângulo, mais precoce. Seus melhores afloramentos estão associados a drenagens (figura 3a), com rochas complexamente dobradas (figura 3b), cuja análise estrutural, como visto a seguir, colabora no entendimento de dois grandes eventos deformacionais a qual o Terreno São Gabriel foi submetido, assim como quatro fases de deformação e dois eventos metamórficos, propiciando que o corpo seja considerado um relevante geossítio com excelente valor científico e pedagógico.

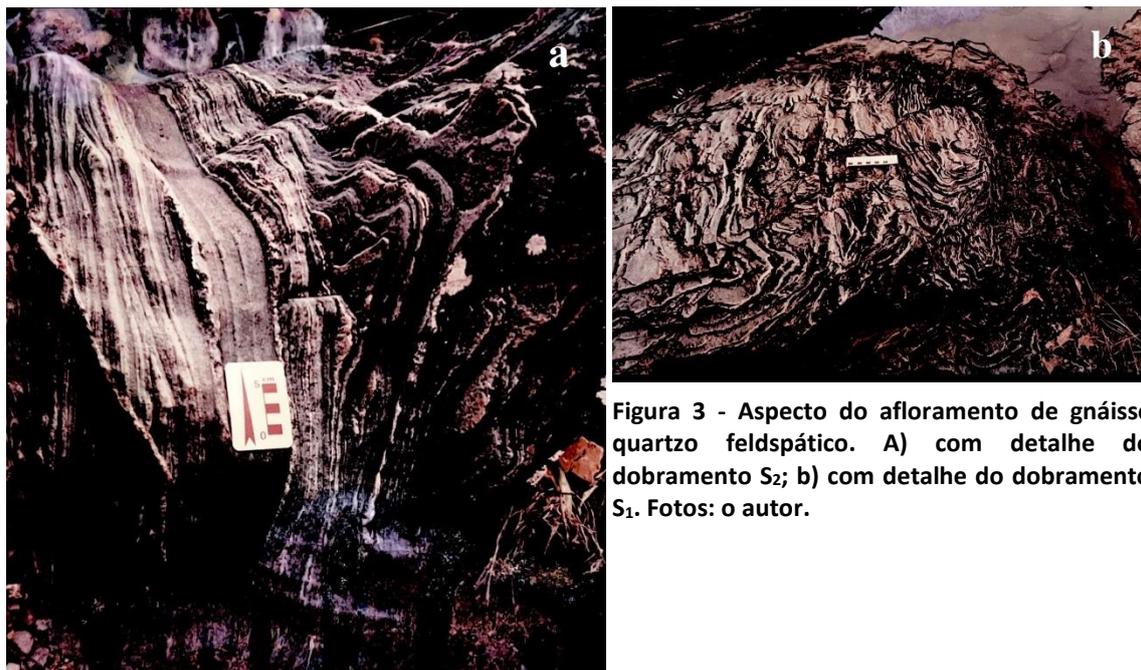


Figura 3 - Aspecto do afloramento de gnáisse quartzo feldspático. A) com detalhe do dobramento S₂; b) com detalhe do dobramento S₁. Fotos: o autor.

Macroscopicamente, predomina quartzo em cerca de 60% da rocha. A rocha geralmente não é foliada, devido às poucas quantidades de biotita e moscovita, em quantidades acessórias, predominando a textura inequigranular granoblástica poligonal, de dimensões 0,1 - 0,3 mm. A composição é quartzo-feldspática, apresentando localmente porções mais máficas a base de biotita, além de injeções de sienogranito, trondhjemito, tonalito e adamelito. As injeções tonalíticas estão dobradas, ao contrário das demais, o que indica precocidade e participação na deformação.

O quartzo apresenta textura ondulante, cujas características sedimentares são preservadas (arredondamento, esfericidade e dimensão maior que a matriz). A sequência pré-metamórfica é de origem sedimentar, portanto.

Foram confeccionadas duas lâminas da rocha. Na primeira, a rocha é rica em quartzo, com textura granoblástica fina, nas porções mais quartzo-feldspáticas e lepidoblástica, nas porções mais biotíticas. inequigranular interlobulado (figura 4a), além de inequigranular interlobulado, com o tamanho dos grãos variando de 0,2 a 0,3 mm. Presença de um bandamento fino, irregular.

O quartzo apresenta forma poligonal, podendo também ser ameboide, raros subédricos e anédricos. As dimensões médias chegam a 0,2 mm, podendo atingir um máximo de 0,8 mm. Geralmente apresenta contatos retos e raramente lobados, com arranjo poligonal.

O plagioclásio encontrado é a andesina, predominando a forma subédrica, contatos retos, média dimensional de 0,2 mm, podendo chegar a 0,5 mm. Os cristais apresentam macla de Albita de dupla macla, estando parcialmente sericitizados. A forma é alongada a quadrática, apresentando inclusões de biotita.

O feldspato alcalino é o ortoclásio, em menor quantidade que os demais minerais essenciais, contendo macla de Carlsbad e tamanho médio de 0,2 mm, podendo atingir 0,4 mm, subédricos mas com as faces retas.

A biotita é castanha, prismática, subédrica, com dimensões variando de 0,2 a 0,5 mm, podendo ser intersticial ou estar parcialmente incluso no quartzo, plagioclásio e granada (às vezes, associada a esta).

A moscovita ocorre mais raramente que a biotita, sendo incolor, podendo estar associada a esta ou a granada. As dimensões estão entre 0,2 e 0,3 mm, com formas subédricas.

A granada possui dimensões de 0,2 mm, podendo chegar a 0,4 mm, com média em 0,3 mm. Principalmente hexagonal (às vezes, irregulares), com faces arredondadas e contém inclusões de quartzo, biotita e moscovita.

Pode ser classificado como um granada-biotita-plagioclásio-quartzo gnáisse (WINKLER, 1967).

A segunda lâmina refere-se a uma porção mais máfica no interior do gnáisse anterior. A rocha é finamente bandada, apresentando níveis quartzo-feldspáticos e níveis com biotita-quartzo e plagioclásio. Presença de textura granoblástica e localmente granoblástica fina poligonal do quartzo e plagioclásio.

O quartzo ocorre como cristais anédricos, com alguns estirados e extinção ondulante, outros como subgrãos. Presença de textura granoblástica poligonal fina local (0,1 a 0,5 mm). O quartzo dos níveis mais quartzo-feldspáticos mede até 2,5 mm, apresentando subgrãos com até 0,7 mm (figura 4b).

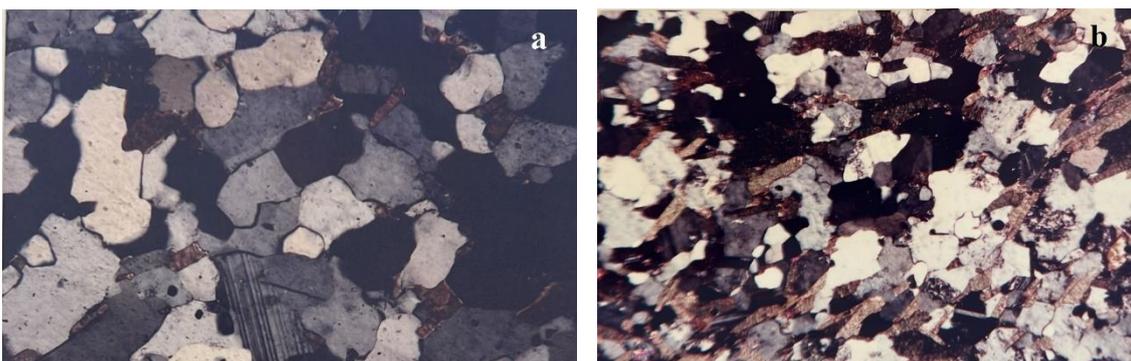


Figura 4 – Fotomicrografia do granito quartzo feldspático. a) mostrando textura granoblástica interlobulada do quartzo em um gnáisse de composição pelítica (5X); b) mostrando subgrãos de quartzo indicando temperatura alta de deformação em um gnáisse (5X). Fotos: o autore.

O plagioclásio é euédrico a subédrico, com maclas de Albita, alguns com forma prismática a quadrática, total a parcialmente sericitizados. Apresentam dimensões de 0,4 a 0,6 mm e inclusões parciais de biotita e epidoto. Apresenta poucas porções recristalizadas, onde a maioria são grãos grandes e euédricos.

A biotita apresenta grãos com hábito prismático, dimensões de 0,1 a 0,7 mm e epidotos secundários. Ela marca uma foliação, ocorrendo associada ao quartzo e plagioclásio.

O epidoto apresenta alta e baixa birrefringência, caracterizada pelas variações pistacita e alanita, respectivamente. Representado por cristais anédricos com dimensões com cerca de 0,3 mm.

A rocha pode ser classificada como um plagioclásio-biotita-quartzo gnáisse (WINKLER, 1967).

Dois eventos deformacionais, quatro fases de deformação e dois eventos metamórficos distintos foram preservados no gnaíse do geossítio. O corpo aflora como um *roof pendant*, apresentando uma forma retangular de direção E-W. Estruturalmente, apresenta um bandamento fino (milimétrico), regular e contínuo, típico de rochas pelíticas (figura 5), alternando bandas quartzo-feldspáticas com níveis ricos em biotita. O elemento estrutural mais significativo é o bandamento gnáissico de direção NE-SW.

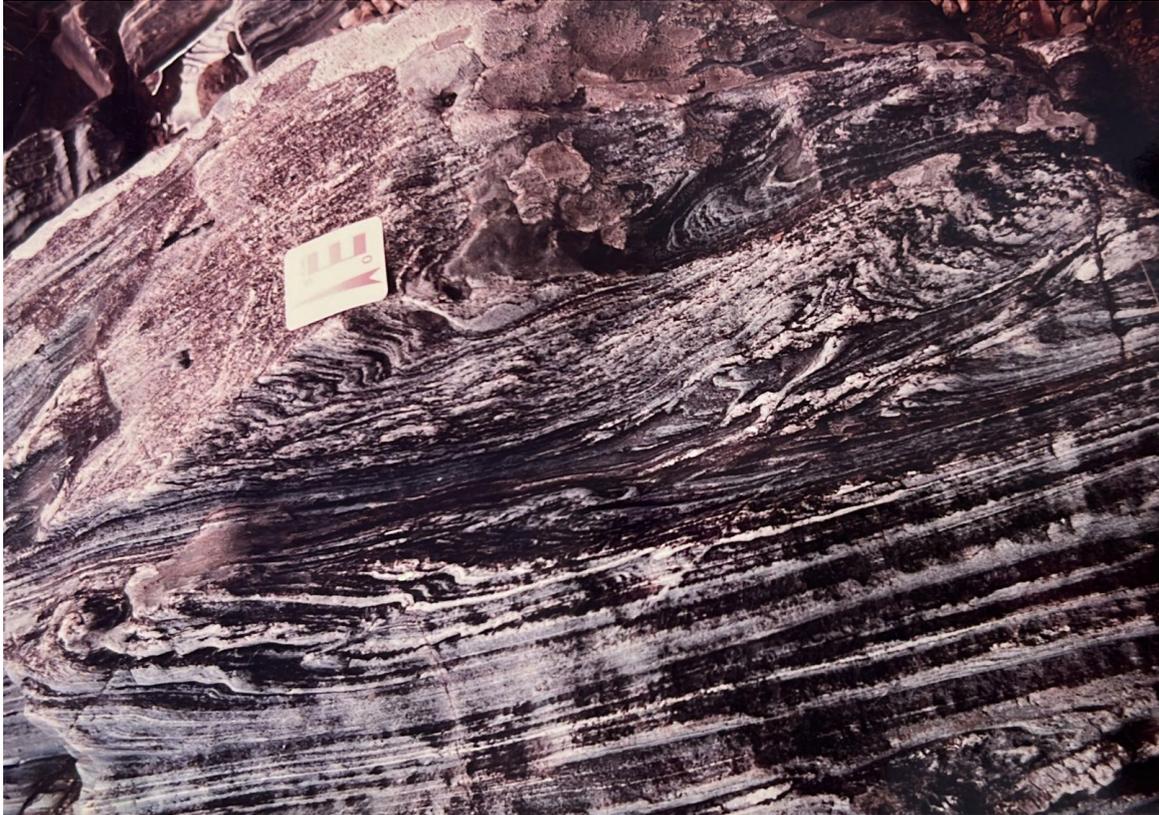


Figura 5 – Bandamento fino, milimétrico, contínuo, regular e dobrado do gnáisse quartzo-feldspático. Foto: o autor.

A partir de um primeiro evento deformacional presente no corpo (E1), de caráter tangencial, identificou-se duas fases de deformação (D1 e D2) e dois eventos metamórficos distintos (M1 e M2). Considerou-se como D2 a fase em que se originaram dobras isoclinais sem raiz (podendo esta deformação ter ocorrido sobre um bandamento gnáissico existente e a S_1 como o bandamento gnáissico original (SILVA FILHO, 1991), onde S_1 pode ou não representar o primeiro elemento planar formado pela deformação da S_0 , mesmo porque tais estruturas sedimentares originais (acumulação composicional e granulométrica) são pouco preservados devido a D1 (transposição e dobramento isoclinal) e ao M1 de fácies anfibolito (SANTOS et al., 1990).

A foliação S_1 está representada pelo bandamento da rocha e é sobreposta pela S_2 (sendo o plano axial da F_2 subparalelo à foliação S_2), ainda estando preservadas dobras F_2 , do tipo isoclinais e apertadas (figura 6), aparecendo normalmente como dobras intrafoliais com e sem raiz. As atitudes da foliação S_1 e S_2 foram plotadas no estereograma

e os resultados podem ser observados na figura 7. O dobramento da S_1 originou as F_2 que são as estruturas mais abundantes e características em escala mesoscópica. Algumas destas dobras apresentam os limbos rotados por zonas de cisalhamento paralelas ao plano axial (SILVA FILHO e SOLIANI JR, 1987).

As zonas de cisalhamento desenvolvidas juntamente com a S_2 provavelmente funcionaram como um plano de *thrusting* para a intrusão de metatonalitos e trochjemitos, já que estes não estão afetados pela F_2 , evidenciando que foram resultados de processos tardios. Também vem a corroborar o fato desses corpos ígneos apresentarem foliações de ângulo variável com o plano axial da F_2 .

Um segundo evento deformacional (E_2), de caráter transcorrente, foi condicionado pela Zona de Cisalhamento Palma, direcionando o corpo seguindo um *trend* nordeste.

As rochas afetadas pelo E_2 apresentam uma foliação com mergulhos subverticalizados e metamorfismo de fácies xisto verde. As deformações D_2 e D_3 estão associadas ao E_2 , onde a fase D_3 foi marcada por grande atividade ígnea assim como a D_2 , porém as duas diferem quanto à composição do material intrudido, sendo que na fase D_2 as intrusões dominantes eram de composição tonalítica e trondhjêmica e na D_3 eram de composição sienogranítica. A associação da etapa tardia da fase D_3 com o material granítico rico em K_2O sugere que a deformação das rochas foi acompanhada por um processo de fusão parcial relacionado a um concomitante espessamento crustal (SILVA FILHO, 1984).



Figura 6 - Foliação S_2 transpondo S_1 , gerando F_2 do tipo isoclinal apertado. Foto: o autor.

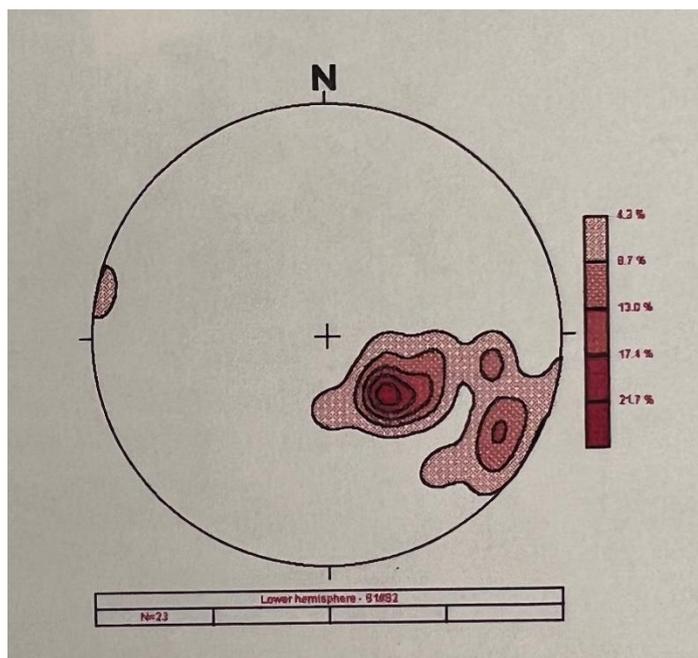


Figura 7 - Estereograma de contorno do plano dos polos das medidas S_1 paralelas a S_2 . Fonte: o autor.

Uma segunda fase de transposição ocorre associada ao desenvolvimento de zonas de cisalhamento que originou a S_3 , vinculada a formação da principal fase de dobramento regional F_3 . Um dobramento tardio F_4 , com formas abertas a suaves (figura 8a) gerou a foliação S_4 , representada por clivagens de fratura que aparecem nos domínios mais incompetentes e cortam as foliações anteriores em alto ângulo.

A foliação varia sensivelmente dentro do afloramento, com porções em que está subverticalizada (indicativa do cisalhamento associado ao S_3) e outras em que está subhorizontalizada com a foliação tangencial S_2 preservada, mostrando deslocamento do topo para sudoeste (figura 8b). A predominância de foliações S_3 mais verticalizadas pode ser constatada no estereograma das S_3 (figura 9), indicando que estas rochas foram bastante afetadas pela zona de cisalhamento transcorrente e subvertical.



Figura 8 – Detalhe da foliação do gnáisse. a) dobras tardias, suaves e abertas, gerando uma foliação S_4 ; b) foliação tangencial S_2 preservada, mostrando movimento do topo para SW. Foto: o autor.

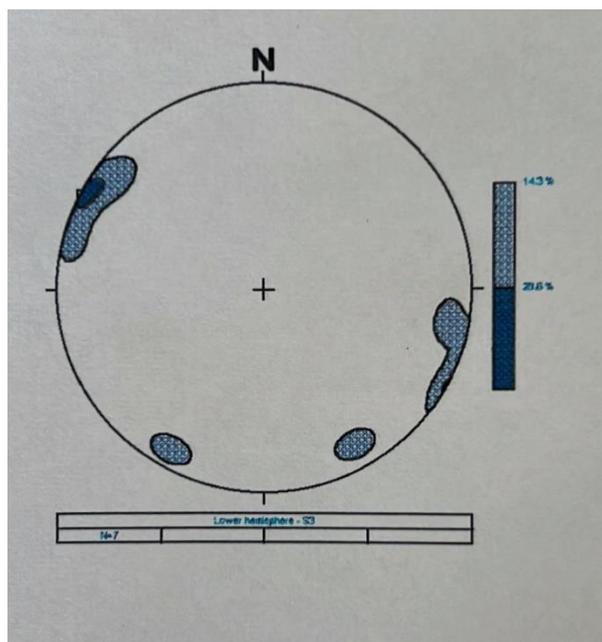


Figura 9 - Estereograma de contornos dos planos dos polos das medidas da S₃. Fonte: o autor.

V - CONCLUSÕES

O Terreno São Gabriel representa uma unidade geotectônica composta por uma sequência vulcanosedimentar metamorfisada na fácies xistos verdes a anfibolito (Supergrupo Vacacaí – 750 Ma) que foi empurrada sobre rochas gnáissicas de composição tonalítica a granodiorítica, geradas em condição de fácies anfibolito (Complexo Cambaí – 700 Ma). O Complexo Parametamórfico Cambaizinho é uma redefinição deste último, sendo caracterizado por uma associação de rochas de considerável complexidade litoestrutural, representadas composicionalmente por monzogranitos, monzonitos, quartzodioritos e tonalitos.

Para se entender a evolução geotectônica desta unidade, o afloramento gnáissico mapeado neste artigo possui um papel fundamental, pois nele foram preservados dois eventos deformacionais, quatro fases de deformação e dois eventos metamórficos distintos. Assim, este gnáisse faz parte de uma bacia back-arc ou fore-arc, derivados de rochas juvenis de arcos magmáticos com idade Toniana (Neoproterozóica), resultantes do fechamento do proto-oceano Charrua, segundo Lena (2014).

Durante a fase de avaliação qualitativa (inventariação) foram considerados uma série de valores (estético, científico, cultural, funcional e econômico), de excepcional a não aplicável, no qual o afloramento apresentou valor científico excepcional, por ser amplo e didático, tendo um papel fundamental para aulas de campo que versem sobre, entre outras, a temática da tectônica e da Geologia Estrutural. Deste modo, este afloramento pode ser considerado um geossítio pertencente ao Patrimônio Geológico da área, pensando-se no viés estrutural/geotectônico, o que possibilita pensar, a partir de então, em medidas de geoconservação ou inseri-lo em futuras rotas geoturísticas.

Assim, os altos valores do sistema de critérios para avaliação resultam das vantagens decorrentes da diversidade de elementos observáveis, da existência de valores científicos e outros em combinação, da facilidade de acesso e logística. Assim, o geossítio

pode ser utilizado como uma base ideal e ponto central para atividades de geoturismo com consideração e foco na tectônica da área e, pode ser o primeiro passo para o mapeamento de outros afloramentos, em uma área de reconhecida complexidade litológica e estrutural e que pode, num futuro próximo, eventualmente pertencer a um Geoparque.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M., HASUI, Y., BRITO NEVES, B. B.; FUCK R. A. Províncias Estruturais Brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, Campina Grande, 1977. **Atas**. Recife: SBG-Núcleo Nordeste, 1, 363-392, 1977.
- ARENA, K.R., HARTMANN, L.A., LANA, C., 2016. Evolution of Neoproterozoic ophiolites from the southern Brasiliano Orogen revealed by zircon U–Pb–Hf isotopes and geochemistry. **Precambrian Research**, n. 285, p. 299–314.
- BABINSKI, M., CHEMALE JR., F., HARTMANN, L.A., VAN SCHMUS, W.R., SILVA, L.C. Juvenile accretion at 750-700 Ma in Southern Brazil: **Geology**, v. 24, n. 5, p. 439-442, 1996.
- BORBA, A. W.; SOUZA, L. F.; MIZUSAKI, A. M. P.; ALMEIDA, D. P., STUMPF, P. P. Inventário e avaliação quantitativa de geossítios: exemplo de aplicação ao patrimônio geológico do município de Caçapava do Sul (RS, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, v. 40, n. 3, p. 275-294, 2013.
- BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação**. A Conservação da Natureza na sua vertente Geológica. Palimage Editores, Viseu, 2005.
- BRILHA, J. Inventory and Quantitative assessment of Geosites and Geodiversity sites: a review. **Geoheritage**, Review Article, publicado *online* em 15 de janeiro de 2015. Disponível em <http://link.springer.com/>. Acesso em 11 julho 2015.
- BRUNO, D.E., CROWLEY, B. E., GUTAK, J. M., MORONI A., NAZARENKO O. V., OHEIM, K. B, RUBAN, D. A., TIESS, G., ZORINA, S. O. 2014. Paleogeography as geological heritage: Developing geosite classification, **Earth-Sci. Rev.**, n. 138, p. 300-312, 2015. [http:// dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.06.005](http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.06.005)
- CHEMALE JR, F.; HARTMANN, L. A.; BABINSKI, M.; WILDNER, W.; VAN SCHMUS, W. R. Evolução tectônica do Bloco São Gabriel, Rs. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Balneário Camboriú, 1994. **Anais...** Balneário Camboriú: SBG, v. 1, p. 232 – 233, 1994.
- DOWLING, R.K. Geotourism's Global Growth. **Geoheritage**, vol. 3, p. 1- 13, 2011. <https://doi.org/10.1007/s12371-010-0024-7>.
- GONGGRJIP, G.P. **Planning and management for geoconservation**. pp. 29-46, in: Baretino, D. et al. (eds), 2000.
- GOÑI, J. C. Origine des roches ultrabasiqes et serpentineuses du PrèCabrian de Rio Grande do Sul (Brésil): Mode de gisement et mineralizations. **Boletim da Escola de Geologia da UFRGS**, Porto Alegre, n. 12, p. 1-89, 1962.
- HARTMANN, L. A.; NARDI, L. V. S Contribuição à Geologia da região Oeste do Escudo Riograndense. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1, Porto Alegre, 1983. **Atas**. Porto Alegre: SBG, p. 9-18, 1983.
- HENRIQUES, M. H.; BRILHA, J. UNESCO Global Geoparks: strategy towards global understanding and sustainability. **Episodes**, v. 40, n. 4, p. 349 - 355, 2017

HENRIQUES M.H., PENA dos REIS R., BRILHA J., MOTA T.S. Geoconservation as an emerging geoscience. **Geoheritage**, v.3, n.2, p. 117–128, 2011. <https://doi.org/10.1007/s12371-011-0039-8>

HOSE, T. A. Selling the story of Britain's stone. **Env Interpret**, vol. 10, n. 2, p. 16- 17, 1995.

HUECK, M., OYHANTÇABAL, P., PHILLIP, R.P., BASEI, M.A.S., SIEGESMUND, S. The Dom Feliciano Belt in Southern Brazil and Uruguay. Geology of the SW Gondwana. In: Siegesmund, S., Oyhantçabal, P., Basei, M.A.S. and Oriolo, S. (Eds.), **Regional Geology Review**, Springer, p. 267-303, 2018.

ISSLER, R. S. 1982. Evento geodinâmico brasileiro – fechamento do Oceano e colisão continental dos crátons Rio de La Plata e Dom Feliciano: granitos a duas micas e ofiolitos. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32, Salvador, 1982. **Anais...** Salvador: SBG, v. 1, p. 24-35.

JOST, H. ; HARTMANN, L. A. 1984. Província Mantiqueira – Setor Meridional. In: Almeida, F. F. M. ; Hasui, Y. (Coord.). **O Pré-Cambriano no Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher, p. 345-367.

JOST, H; WILLWOCK, J.A. Contribuição à Estratigrafia do Pré-Cambriano do Rio Grande do Sul. Escola de Geologia. **Notas e Estudos**. vol. 1. DO 1. pp. 13-26. junho-1966.

LENA, L.O.F., PIMENTEL, M., PHILIPP, R.P., ARMSTRONG, R., SATO, K. The evolution of the Neoproterozoic São Gabriel Juvenile terrane, southern Brazil based on high spatial resolution U- Pb ages and 18O data from detritals zircon. **Precambrian Research**, n. 247, p. 126-138, 2014.

LOCZY, L.; LADEIRA, E. A. **Geologia Estrutural e introdução à Geotectônica**. Ed. Edgard Blucher: São Paulo, 1976.

NAUMANN, M. P; HARTMANN, L. A.; KOPPE, J. C; CHEMALE JR, F. 1984. Sequências supracrustais, gnáisses graníticos, granulitos e granitos intrusivos da Região de Ibaré-Palma, RS – Geologia, aspectos estratigráficos e considerações geotectônicas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, 1984. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, p. 2417 – 2424.

PEREIRA, L. S. P. **Mapeamento do geopatrimônio e do patrimônio cultural da região de João Pessoa (Paraíba) para fins de geoturismo urbano e costeiro**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2019.

QUEVEDO, V. C. **Análise Petrográfica dos Metassedimentos dos Complexos Supracrustais das Regiões de São Gabriel, Santa Margarida do Sul e Vila Nova do Sul, Terreno São Gabriel, Cinturão Dom Feliciano**. 2023. Trabalho de Graduação (Graduação em Geologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2023. 82 f.

REMUS, M.V.D. **Geologia e geoquímica do Complexo Cambaizinho, São Gabriel – RS. 1990**. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990.

RIBEIRO, M. ; Fantinel, L.M. Associações petroectônicas do Escudo Sul-Rio-Grandense. **Iheringia**, Porto Alegre, n. 5, p. 19-54, 1978.

SANTOS, E.L., AZEVEDO, G.C., MACIEL, L.A., MOSMANN, R.; REMUS, M.V.D. 1990. Mapeamento geológico de sequências metavulcano-sedimentares do oeste

do Escudo Sul-Riograndense, RS, In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, **Anais...** Natal. SGB, .6, p.2976-2990.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil, volume I.** DNPM/ CPRM/ Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), Brasília, 2002.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of Geoconservation.** Tasmanian Parks; Wildlife Service, Hobart, 2002.

SILVA FILHO, B. C. **Structural sequence and petrogenesis of the polyphase deformed precambrian terrane of the Vila Nova Region, state of Rio Grande do Sul, Southern Brazil.** 1984. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Glasgow, 1984. 220 p.

SILVA FILHO, B. C. Geology of the polyphase deformed precambrian terrane of the Vila Nova Region, state of Rio Grande do Sul, Southern Brazil, part II –structural sequence. **Acta Geologica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 34. n. 14, p. 5 – 94, 1984.

SILVA FILHO, B. C.; SOLIANI Jr, E. Origem e evolução dos gnáisses Cambaí: exemplo de estudo integrado de análise estrutural, petroquímica e geocronologia. In: Simpósio Sulbrasileiro de Geologia, 3, Curitiba, 1987. **Atas...** Curitiba: SBG, v. 1, p. 127 – 145, 1987.

WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R.; FERNANDES, A. C.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil, volume II.** DNPM/ CPRM/ Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), Brasília, 2009.

WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R.; FERNANDES, A. C.; BERBERT-BORN, M.; SALLUN FILHO, W.; QUEIROZ, E. T. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil, volume III.** DNPM/ CPRM/ Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), Brasília, 2014.

WINKLER, H. G. **Petrogenesis of metamorphic rocks.** New York: Springer Verlag, 1967.