



## GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DE SANTA MARIA

---

*Pedro Luiz Pretz Sartori*

**A**o longo do Triássico, a região de Santa Maria estava inserida na parte meridional da Bacia Sedimentar Intracratônica do Paraná, que se havia originado por processos geotectônicos pós-orogênicos, durante a era Paleozóica, no continente de Gondwana.

A sedimentação continental que, por último, preencheu essa bacia sedimentar, está representada por uma sequência de camadas vermelhas depositadas em ambientes fluvial e lacustre alternados, relacionados à existência de água permanente e de ocorrência restrita, mostrando características locais e conteúdo fossilífero que tem despertado, desde longa data, o interesse de cientistas nacionais e de outros países.

Após um longo período de erosão continental, durante o Jurássico, o ambiente desértico estabelecido e iniciado com a sedimentação de arenitos eólicos foi seguido, no início do Cretáceo, por extensa atividade vulcânica relacionada à abertura do Atlântico Sul, o que recobriu parcialmente essa sequência sedimentar de forma transgressiva – inicialmente com derrames de lavas básicas, por fusões parciais advindas do Manto Superior com assimilação crustal e, posteriormente, com a ascensão dos derrames de lavas ácidas provenientes de fusões parciais na base da Crosta Continental.

A configuração do relevo evoluiu, a partir do Terciário, por processos erosivos associados aos climas úmidos, alternados com climas áridos e semi-áridos, processos que comandaram a esculturação da paisagem atual.

## Geologia de Santa Maria

As principais unidades estratigráficas e formas de relevo, identificadas no município de Santa Maria, estão representadas na figura 1/quadro 1 e descritas a seguir.

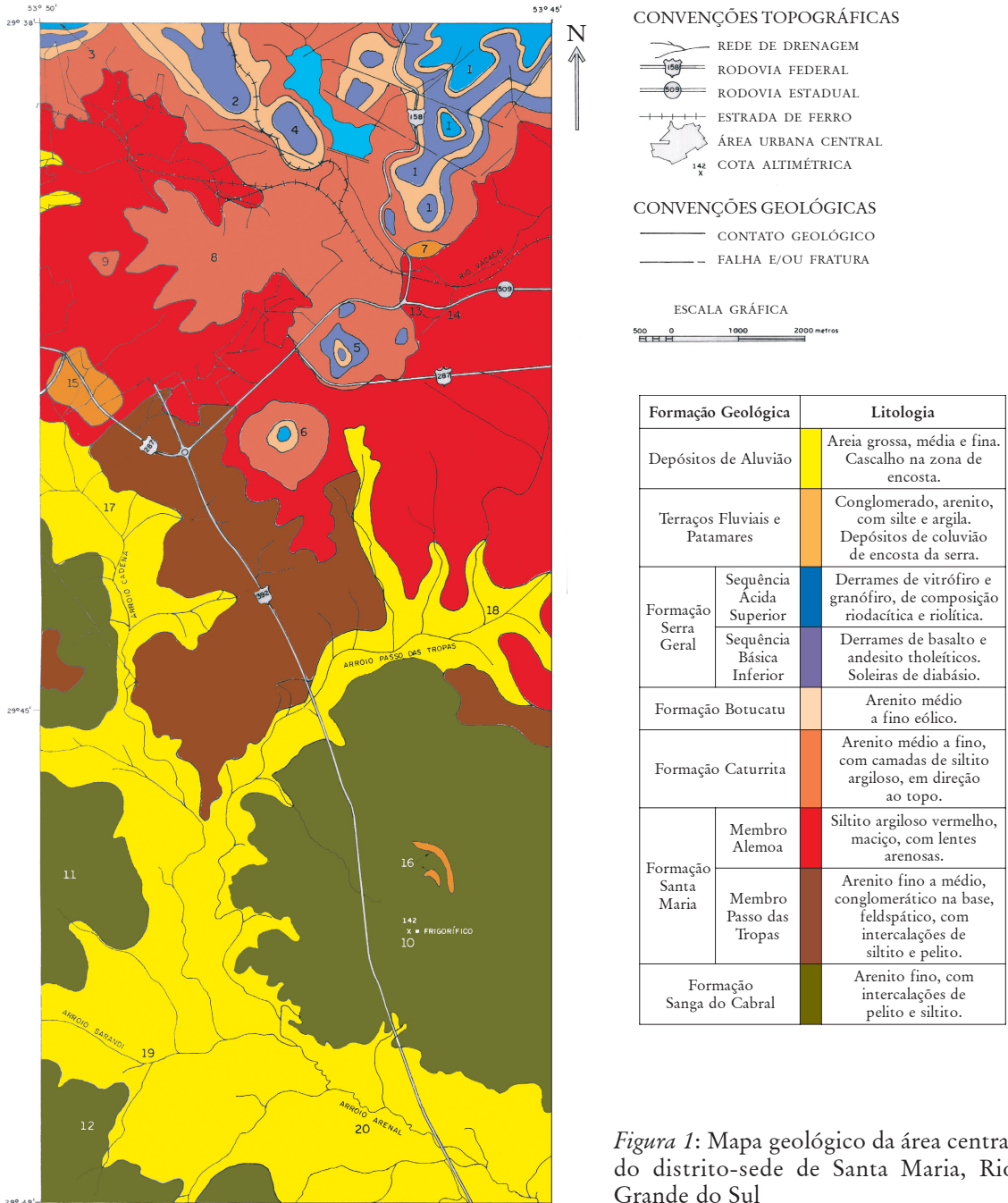


Figura 1: Mapa geológico da área central do distrito-sede de Santa Maria, Rio Grande do Sul

Quadro 1: Formas de relevo no mapa geológico de Santa Maria.

Formas de relevo	Ocorrência no mapa	Nº no mapa
Conjunto de Morros	Montanha Russa	1
Morros	Morro do Link	2
	Morro da Caturrita	3
Morro Testemunho Engastado	Cerro de Santa Maria	4
Morros Testemunhos	Cerrito	5
	Cerro Mariano da Rocha	6
Patamar	Patamar da Vila Bilibio	7
Coxilhas Altas	Coxilha do Acampamento	8
	Coxilha do Quartel	9
	Coxilha do Frigorífico	10
Coxilhas Baixas	Coxilha da Conceição	11
	Coxilha do Pinheiro	12
Voçorocas	Sanga da Alemoa	13
	Sanga Grande	14
Terraços Fluviais	Terraço do Patronato	15
	Terraço do Passo das Tropas	16
Planícies Aluviais	Planície do Arroio Cadena	17
	Planície do Arroio Passo das Tropas	18
	Planície do Arroio Sarandi	19
	Planície do Arroio Arenal	20

### 1. Formação Sanga do Cabral

O substrato dos distritos de Santa Flora, Passo do Verde, Arroio do Só, São Valentim e Pains é constituído, nas áreas de coxilhas, pela sequência sedimentar mais antiga e que compõe parte da Formação Sanga do Cabral<sup>1</sup>, do Triássico Inferior (Induano). As camadas apresentam direção geral leste-oeste, com suave mergulho regional inferior a 4°, para o norte.

A fácies arenito fino-argiloso superior<sup>2</sup> dessa formação, no município de Santa Maria, é constituída principalmente por arenitos vermelhos consolidados, de granulometria fina a média, de composição quartzo-feldspática, com proporções variáveis de silte e argila e predomínio das estratificações cruzadas do tipo acanalada e planar, de origem fluvial (figura 2). Constituem depósitos sedimentares de inundação, em planícies aluviais, com canais rasos e sinuosos, numa zona plana e arenosa que lembra um sistema de *playa*.

<sup>1</sup> ANDREIS, R. R.; BOSSI, G. E. & MONTARDO, D. K. O Grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul. In: CONGR. BRAS. GEOL., 31, Camboriú, SBG, v. 2, p. 659-673, 1980.

<sup>2</sup> BÖGER, H. & KOWALCZYK, G. Stratigraphische, Sedimentologische und Paläoökologische Untersuchungen in Mesozoikum der Depression periferica in Rio Grande do Sul, Brasilien. *Berichte-Report*, Kiel, Geol.-Paläont. Inst. Univ. Kiel, n° 63, 72 S., 4 Abb., 9 Tab., 1993.



Figura 2: Arenito com estratificação cruzada acanalada de ambiente fluvial da Formação Sanga do Cabral. Corte da rodovia BR-392, Distrito Passo do Verde (Fotografia: C. A. Bortoluzzi, 1971).

A textura desses arenitos torna-os pouco permeáveis, resultando num aquífero com baixas vazões (inferiores a  $3\text{m}^3/\text{h}$ )<sup>3</sup> nos poços que são perfurados.

## 2. Formação Santa Maria

O limite sul do distrito sede de Santa Maria assinala, no Arroio Passo das Tropas, o contato inferior da Formação Santa Maria, em discordância erosiva, sobreposta à Formação Sanga do Cabral. A sequência deposicional que compõe a Formação Santa Maria<sup>4</sup>, em direção ao norte, aflora ao longo desse Distrito. Por esta razão, a geologia dessa área é um diferencial local, de grande importância no estudo da sedimentação triássica que preencheu a Bacia Sedimentar do Paraná, tendo propiciado inúmeros trabalhos científicos, durante o século passado, por geólogos e paleontólogos do país e do exterior.

Estratigraficamente, essa formação foi dividida em dois membros: Passo das Tropas e Alemoa, com idade correspondente ao Triássico Médio (Ladiniano – Carniano).

### 2.1. Membro Passo das Tropas

A sequência inferior da Formação Santa Maria, descrita ao longo da BR-392 a partir do Arroio Passo das Tropas, distante aproximadamente 5km da cidade de Santa Maria, é referida como Membro Passo das Tropas (figura 3), constituído na sua base<sup>5</sup> por um arenito vermelho claro, grosseiro, feldspático, friável e bastante poroso, com estratificação cruzada irregular e planar de origem fluvial, depositado em planícies de inundação (figura 4). Seixos e grânulos de quartzo arredondados e intraclastos argilosos vermelhos fossilíferos (com im-

<sup>3</sup> MACHADO, J. L. F. Resposta aquífera das litologias gonduânicas na região de Santa Maria, RS. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 12, p. 123-126, 1990.

<sup>4</sup> BORTOLUZZI, C. A. Contribuição à geologia da Região de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 7-86, 1974.

<sup>5</sup> BORTOLUZZI, C. A. *Op. cit.*

pressões da flora *Thinfieldia-Dicroidium*, conchostráceos e asas de insetos) constituem níveis conglomeráticos, seguidos de siltito argiloso e arenito siltico-argiloso, estratificados e de cor rosa-avermelhada original. Variações na coloração, em afloramento, são devidas a processos de lixiviação secundária do pigmento ferruginoso. Um dos últimos afloramentos que assinalam o topo desta sequência situa-se a uns 500 metros ao sul do entroncamento da BR-392 com a BR-158.



Figura 3: Coxilha constituída pelo arenito basal do Membro Passo das Tropas da Formação Santa Maria. Vista a partir da BR-392, nas proximidades do Arroio Passo das Tropas (Fotografia: Pedro Sartori, 2008).



Figura 4: Detalhe da composição do arenito grosseiro e bastante poroso do Membro Passo das Tropas da Formação Santa Maria, que se constitui no principal aquífero da região (Fotografia: Pedro Sartori, 2008).

O arenito basal dessa unidade estratigráfica é muito permeável, constituindo o melhor aquífero da região, extenso, contínuo, livre na sua área de exposição superficial e confinado para o norte, em direção à cidade, para onde se dirigem as linhas de fluxo de água pelas condições estruturais e o mergulho das camadas sedimentares. A sua alimentação ocorre na área de exposição superficial, sendo vulnerável à poluição, com vazões dos poços<sup>6</sup> entre 3,5-10m<sup>3</sup>/h. Na área urbana, poços com profundidade variável entre 70-90 metros captam água de boa qualidade, pelo confinamento em que se acha o aquífero, com vazões de 30 a 60m<sup>3</sup>/h.

## 2.2. Membro Alemoa

O contato do Membro Passo das Tropas com a sequência superior da Formação Santa Maria<sup>7</sup>, denominada Membro Alemoa, marca a transição gradual de camadas de um arenito rosa-avermelhado para um siltito argiloso, vermelho e maciço, que caracteriza este último membro estratigráfico (figura 5). Partindo do entroncamento da BR-392 com a BR-158 até o corte da ferrovia da Vila Kennedy, nas proximidades da vila Portão Branco localizada no extremo noroeste da cidade, observa-se essa litologia, contendo camadas de caliche e concreções carbonáticas irregulares descritas como calcretes<sup>8</sup>, originada num sistema lacustre efêmero, de águas rasas, caracterizando depósitos sedimentares do tipo *mud flat* num sistema de *playa*, em parte evaporítico<sup>9</sup>. Lentas arenosas se intercalam em direção ao topo. Uma importante paleofauna de répteis fósseis do período Triássico, encontrados nessa unidade sedimentar, vem sendo descrita e classificada por paleontólogos do Brasil e do exterior, desde o início do século passado.

Esse siltito argiloso impermeável constitui um importante aquíclode, não armazenando nem transmitindo água, tornando confinado e livre de poluição o aquífero subjacente Passo das Tropas, referido anteriormente.

## 3. Formação Caturrita

Ao longo da área urbana da cidade situa-se, na altitude aproximada de 120 metros, o contato discordante (figura 6) do Membro Alemoa com a Formação Caturrita<sup>10</sup>, sobreposta, constituída por um conglomerado basal contendo seixos de siltito argiloso vermelho, seguido por arenito rosa-avermelhado de granulometria média a fina, com intercalações lenticulares, rumo ao topo, de siltito e folhelho, todos de coloração avermelhada. Estratificação cruzada acanalada no arenito, com variações em forma e amplitude, registra o

<sup>6</sup> MACHADO, J. L. F. *Op. cit.*

<sup>7</sup> BORTOLUZZI, C. A. *Op. cit.*

<sup>8</sup> SILVÉRIO DA SILVA, J. L. *Estudo dos processos de sili-cificação e calcificação em ro-chas sedimentares mesozóicas do Rio Grande do Sul.* UFRGS. Porto Alegre. Cur-so de Pós-Graduação em Geociências. Tese (doutora-do em Geociências). 1997. 157 p.

<sup>9</sup> BÖGER, H. & KOWALC-ZYK, G. *Op. cit.*

<sup>10</sup> BORTOLUZZI, C. A. *Op. cit.*

ANDREIS, R. R.; BOSSI, G. E. & MONTARDO, D. K. *Op. cit.*  
MEDEIROS, E. *Estratigrafia do Grupo São Bento na Re-gião de Santa Maria e Consi-derações sobre Paleocorrentes.* UFRGS. Porto Alegre. Cur-so de Pós-graduação em Geociências. Dissertação (Mestrado em Geociências). 1980. 135 p.

<sup>11</sup> BORTOLUZZI, C. A. *Op. cit.*

<sup>12</sup> KATOO, Y. *Conchostráceos mesozóicos do Sul do Brasil*. UFRGS. Curso de Pós-graduação em Geociências. Dissertação (Mestrado em Geociências). 1971. 87 p.

<sup>13</sup> ZERFASS, H.; LAVINA, E. L.; SCHULTZ, C. L.; GARCIA, A. J. V.; FACCINI, U. F. & CHEMALE Jr., F. Sequence stratigraphy of continental Triassic strata of Southernmost Brazil: a contribution to Southwestern Gondwana palaeogeography and palaeoclimate. *Sedimentary Geology*, 161, p. 85-105, 2003.

ambiente fluvial, de fluxo ramificado e na porção mais inferior com a participação de níveis de corrente, em que se depositou (figura 7). Troncos vegetais silicificados de dimensões variadas estão contidos nesse arenito<sup>11</sup>, geralmente na altitude em torno de 135 metros. Na zona de encosta da serra, junto ao posto da Polícia Federal na BR-158, ocorrem fósseis de conchostráceos e escamas de peixes, nas camadas de silito argiloso.<sup>12</sup> A idade desta formação refere-se ao Triássico Superior (Noriano – Rético).<sup>13</sup>



Figura 5: Silito argiloso contendo ossos de répteis fósseis do Membro Alemoa. Sanga Grande (Fotografia: C. A. Bortoluzzi, 1971).



Figura 6: Contato discordante do Membro Alemoa (em primeiro plano) com a Formação Caturrita (em segundo plano), na vertente norte do Cerriquito, Km 3 da RS-509 (Fotografia: Pedro Sartori, 2000).



Figura 7: Formação Caturrita, com estrutura de corte e preenchimento de canal fluvial, contendo troncos vegetais petrificados, na altitude de 135 m. Corte do viaduto da ferrovia, na rua Euclides da Cunha. Em segundo plano, vista parcial do flanco oeste do Cerro de Santa Maria com topo tabular, recoberto pelo primeiro derrame de basalto (Fotografia: C. A. Bortoluzzi, 1971).

A Formação Caturrita, de ocorrência restrita na Bacia Sedimentar do Paraná, mas descrita primeiramente no município de Santa Maria, deve obedecer à concepção original de Bortoluzzi<sup>14</sup>. Esta sequência sedimentar padrão, com expressão em área de ocorrência mapeável na superfície, relacionada ao ambiente de sedimentação que se estabeleceu nesta área, deve ser referida como tal, com depósitos sedimentares de canais fluviais e de frente deltaica.

Os arenitos com troncos vegetais silicificados não aparecem diretamente recobertos pelo Arenito Botucatu sobreposto, devido aos processos de dissecação fluvial e erosão que ocorreram nessa área da Depressão Periférica.

Com relação ao arenito mais grosseiro contendo troncos vegetais silicificados, localizado na região correspondente à Depressão do Rio Ibicuí, situada a oeste do eixo tectônico São Gabriel-Santa Maria, Faccini<sup>15</sup> descreveu como Arenito Mata e Böger & Kowalczyk<sup>16</sup> como Camadas Mata, sem conseguirem determinar subsídios que pudessem estabelecer um posicionamento estratigráfico preciso para as camadas. Tais denominações, portanto, não devem ser utilizadas na localidade-tipo da Formação Caturrita, referida originalmente como membro<sup>17</sup> e, posteriormente, elevada à categoria de formação<sup>18</sup>. Em Santa Maria, portanto, uma

<sup>14</sup> BORTOLUZZI, C. A. *Op. cit.*

<sup>15</sup> FACCINI, U. F. *O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul. Uma análise sob o ponto de vista das sequências deposicionais.* UFRGS. Curso de Pós-Graduação em Geociências. Dissertação (Mestrado em Geociências), 1989. 121 p.

<sup>16</sup> BÖGER, H. & KOWALCZYK, G. *Op. cit.*

<sup>17</sup> BORTOLUZZI, C. A. *Op. cit.*

<sup>18</sup> ANDREIS, R. R.; BOSSI, G. E. & MONTARDO, D. K. *Op. cit.*  
MEDEIROS, E. *Op. cit.*



<sup>19</sup> BORTOLUZZI, C. A. *Op. cit.*

<sup>20</sup> KATOO, Y. *Op. cit.*

eventual divisão da Formação Caturrita em duas sequências (uma contendo troncos vegetais silicificados<sup>19</sup> em contato discordante com o Membro Alemoa, e outra diretamente em contato com o Membro Alemoa, contendo, dentre outros, fósseis de invertebrados<sup>20</sup>) necessitaria de novos trabalhos de campo específicos, nesta área da seção-tipo da formação.

A Formação Caturrita constitui um aquífero contínuo, extenso, de boa permeabilidade, geralmente livre, sujeito a contaminação. Na área urbana de Santa Maria, com vazões dos poços inferiores a 5m<sup>3</sup>/h, atualmente se apresenta, em grande parte, poluído.

#### 4. Formação Botucatu

No extremo norte da Depressão Periférica, nos distritos Sede, Santo Antônio, Boca do Monte e Arroio Grande, na altitude média das elevações que compõem a Serra Geral, ocorre, sotoposta em discordância erosiva sobre a Formação Caturrita, a Formação Botucatu, constituída por arenito eólico de cor rosa-avermelhada, granulometria fina a média, homogênea, e com estratificação cruzada de grande porte, depositado em ambiente desértico (figura 8). A exposição desta rocha, portanto, não é expressiva em área. Na BR-158, o contato entre as duas formações situa-se na altitude em torno de 250 metros, ao sul do viaduto do vale do Menino Deus (Garganta do Diabo), no morro do Santuário. A espessura dos arenitos é ali bastante variável. Ao norte de Camobi ocorrem apenas camadas de arenito eólico *intertrap* (interderrame), com os primeiros derrames da Formação Serra Geral recobrando a Formação Caturrita.

Em determinados locais, variações na espessura do Arenito Botucatu são causadas pela junção com camadas de arenito *intertrap*.<sup>21</sup> Assim, na parte oeste do morro do Link, em direção ao Morro da Caturrita, observa-se uma espessa camada de arenito eólico resultante da união do arenito subjacente às lavas, com a primeira e segunda camadas de arenito *intertrap*. O contato interdigitado entre o arenito eólico e os derrames de lava permite considerar a idade Cretáceo Inferior para a Formação Botucatu.

Esse arenito, bastante permeável, apresenta um posicionamento topoestrutural que dificulta a alimentação e o armazenamento de água subterrânea, pois a sua área de exposição superficial em Santa Maria restringe-se às vertentes dos morros testemunhos e das elevações que compõem a Serra Geral.

<sup>21</sup> VEIGA, P. *Estudo dos Arenitos Intertrapps da Formação Serra Geral na Região de Santa Maria-RS*. UFRGS. Porto Alegre. Curso de Pós-graduação em Geociências. Dissertação (Mestrado em Geociências). 1973. 88p.



Figura 8: Arenito eólico da Formação Botucatu, com estratificação cruzada de grande porte. Corte da BR-158, na subida da Serra do Pinhal, na curva antes do viaduto do Vale do Menino Deus (Garganta do Diabo). (Fotografia: Pedro Sartori, 2008)

### 5. Formação Serra Geral

Na região serrana que delimita o norte do município de Santa Maria, a Formação Serra Geral recobre o arenito eólico da Formação Botucatu, estando representada por uma sucessão de derrames de lavas de origem vulcânica fissural, relacionados com a época de abertura do Atlântico Sul, e que recobriram grande parte das rochas sedimentares da Bacia do Paraná, durante o Cretáceo.

A estratigrafia dos derrames, observada ao norte da cidade de Santa Maria, revelou a existência de uma sequência inferior básica (basaltos-andesitos tholeíticos) e outra superior ácida (vitrófiros, riólitos-riodacitos granofíricos)<sup>22</sup>.

A sequência inferior está representada por três derrames de lava, com espessura variável; a base do primeiro fica a uma altitude entre 200-250 metros, em contato ora com o arenito eólico da Formação Botucatu, ora sobre o arenito fluvial da Formação Caturrita. Os derrames possuem espessura variável, entre 30-50 metros, mostrando intercalações de camadas de arenito interderrame (*intertrap*) originado por transporte e deposição eólica, registrando o caráter intermitente, com certo espaço de tempo entre um derrame e outro. As rochas são basaltos-andesitos tholeíticos, de cor

<sup>22</sup> SARTORI, P. L. P. & GOMES, C. B. Composição Químico-Mineralógica das Últimas Manifestações Vulcânicas na Região de Santa Maria, RS. *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, Rio de Janeiro, v. 52, nº 1, p. 125-133, 1980.

cinza-escuro, constituídos por plagioclásio cálcico clinopiroxênio, magnetita e material intersticial de quartzo e material desvitrificado (figura 9).



Figura 9: Antiga pedreira da viação férrea, localizada no cerro do Link (volta do Felizardo), constituída pelo primeiro derrame de basalto, da sequência básica inferior, da Formação Serra Geral. Vista a partir da BR-158, na subida da serra. (Fotografia: Pedro Sartori, 2008)

A sequência superior é formada por dois derrames distintos, com a base situada entre 280-380 metros de altitude. Um derrame de vitrófiro ácido (rico em sílica), de cor preta original, com estrutura fluidal, pequena espessura e reduzida distribuição horizontal, representa volume menor de lava, solidificado rapidamente na superfície.

O quinto e último derrame da sequência superior de riólito-riodacito, com textura granofírica, apresenta maior espessura e extensa distribuição horizontal nessa área mais meridional do Planalto da Serra Geral. A rocha (granófiro) exhibe cor cinza-clara, microcristalina, constituída por cristais de plagioclásio, clinopiroxênios, hornblenda uralítica e magnetita, envolvidos por uma trama de intercrescimento micrográfico entre quartzo e sanidina sódica. Este derrame é mais espesso para leste e para sul da cidade, transgredindo sobre os inferiores, pois enquanto o Cerrito é capeado pelo segundo derrame de basalto em contato com a Formação Botucatu, na altitude de 257 metros, o Cerro Mariano da Rocha<sup>23</sup>, mais ao sul, é recoberto tão somente pelo quinto derrame de riólito que repousa diretamente sobre o arenito Botucatu, na altitude de 225 metros.

<sup>23</sup> Originalmente denominado Cerro do Abraão, conforme MARCHIORI, J. N. C.; MACHADO, P. F. S. & NOAL Fº, V. A. *Do céu de Santa Maria*. Santa Maria: Prefeitura Municipal de Santa Maria, 2008. p. 66.

<sup>24</sup> SARTORI, P. L. P.; VEIGA, P.; GASPARETTO, N. V. L.; MACIEL FILHO, C. L. & MEDEIROS, E. R. As relações estratigráficas entre as formações geológicas da bacia do Paraná na região de Santa Maria, RS. In: SIMP. SUL-BRAS. DE GEOL., III. Curitiba. Atas, v. 1, p. 379-392, 1987.

Separando as duas sequências de derrames básicos e ácidos, ocorre uma camada, com espessura variável, de arenito eólico<sup>24</sup>. Nas proximidades da Sesmaria da Palma e no Vale dos Panos, ao norte de Camobi, a sequência básica está ausente e a camada de arenito ocupa o intervalo entre a Formação Caturrita e a sequência dos derrames ácidos.

Toda essa atividade vulcânica que precedeu a abertura do Atlântico Sul deve ter durado menos de 10 milhões de anos. As relações de contato observadas em Santa Maria, com a camada de arenito *intertrap*, indicam que houve certo intervalo de tempo entre o vulcanismo básico inicial e o vulcanismo ácido final.

Pelas suas características petrográficas, o último derrame de riólito é o que apresenta um padrão de fraturamento mais regular: na zona central, a disjunção colunar subvertical permite a obtenção de pedra de alicerce e paralelepípedo regular para calçamento de rua (figura 10); na parte superior, o fraturamento sub-horizontal em lajes, gerado pelo fluxo laminar da lava mais viscosa, possibilita a extração de laje usada em pisos de calçadas e revestimentos de paredes. Além disso, pela maior resistência da rocha aos processos de alteração superficial, ela é usada, na sua extração em pedreiras, para a obtenção de pedra britada, de diferentes tamanhos.

Até a década de 1970, a extração de rocha para as obras de engenharia em Santa Maria era obtida de pedreiras localizadas nas encostas dos morros, ao norte da cidade, situadas no primeiro derrame de basalto (Pedreira do Cerro de Santa Maria<sup>25</sup>, Pedreira da Viação Férrea na Volta do Felizardo, e Pedreira do Link), fornecendo pedra de calçamento irregular para as ruas da cidade, pois o basalto, pelas suas características, não possibilita a obtenção de paralelepípedo regular.

Hoje, a extração de rocha ocorre, tão somente, no derrame superior de riólito, na Brita Pinhal Indústria e Comércio Ltda, que se situa no município de Itaara na proximidade do limite com o município de Santa Maria. Esta é a rocha de melhores características geotécnicas para as obras de engenharia.

Na origem dos derrames<sup>26</sup>, durante o Cretáceo Inferior, o vulcanismo através de fraturas relacionadas com a abertura do Atlântico Sul provocou, inicialmente, a ascensão de lavas básicas gerando derrames de basaltos-andesitos tholeíticos, provenientes do manto superior e com assimilação crustal. Na etapa seguinte, com maior contribuição de material gerado por fusão parcial na base da crosta conti-

<sup>25</sup> Atualmente também conhecido como Morro do Cechella.

<sup>26</sup> CORDANI, U. G.; SARTORI, P. L. P. & KAWASHITA, K. Geoquímica dos isótopos de estrôncio e a evolução da atividade vulcânica na bacia do Paraná (Sul do Brasil) durante o Cretáceo. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, Rio de Janeiro, v. 52, n° 4, p. 811-818, 1980.

mental, originaram-se os derrames ácidos de vitrófiro pelo resfriamento rápido, na superfície, de pequenos volumes de lava. Por último, os riólitos-riodacitos representaram volume maior de lavas ácidas, submetidas na superfície a condições de resfriamento mais lento.



Figura 10: Riólito (granófiro) de cor cinza clara, constituinte do quinto derrame da sequência ácida superior da Formação Serra Geral, com fraturamento subvertical, que possibilita a obtenção de blocos e paralelepípedos regulares de rocha, usados para alicerce e calçamento. Pedreira da Brita Pinhal Indústria e Comércio Ltda. (Fotografia: Pedro Sartori, 2008).

Esses derrames de lava, na área municipal, deram origem a aquíferos nos morros da Serra Geral, restritos às zonas fraturadas e contatos interderrames, tendo ou não camadas de arenito *intertrap*. Nas zonas de diaclasamento sub-horizontal, formaram-se fontes naturais de água a partir das encostas.

## 6. Terraços fluviais e depósitos coluvionares

A principal área de ocorrência de terraços fluviais acompanha as margens do Arroio Grande, do Arroio do Meio e do Rio Vacacaí-Mirim, recobrando o Membro Passo das Tropas, numa altitude de 10-20 metros acima das planícies aluviais<sup>27</sup>. Conglomerado com seixos de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e arenitos médios a finos de cor rosa-avermelhada, estratificados, com camadas argilosas intercaladas constituem as litologias dominantes.

<sup>27</sup> SARTORI, P. L. P.; VEIGA, P.; GASPARETTO, N. V. L. & MACIEL FILHO, C. L. Mapa Geológico da Folha de Camobi-RS. Texto Explicativo. FINEP-UFSM, *Mapa*, Santa Maria, n° 1, p. 1-10, 1988.

Na localidade Passo das Tropas, no trecho da antiga estrada Santa Maria-São Sepé, em direção ao Frigorífico Silva, ao longo das margens de um arroio afluente do Arroio Arenal, ocorre um importante terraço fluvial formado, em subsuperfície, por uma camada lenticular composta de areia (66%), silte (15%) e argila (19%), baixos teores de ferro, sódio e potássio; o componente mineral das frações areia e silte é o quartzo e da fração argila é a caulinita. Assim, esta camada constitui-se numa excelente terra refratária.

Depósitos coluvionares constituídos por uma mistura de fragmentos de tamanho variado de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e de arenitos da Formação Botucatu ocorrem de forma descontínua nas encostas dos morros da Serra Geral, como na vertente sul do primeiro morro da Montanha Russa, onde está localizada a Vila Bilibio (figura 11). No Cerro de Santo Antônio, o colúvio é formado essencialmente por areias da Formação Botucatu.

### 7. Depósitos de aluvião

Depósitos de aluvião aparecem ao longo das planícies fluviais que acompanham a rede hidrográfica do Município. Os sedimentos são representados por cascalhos, nas proximidades da zona serrana, e por areia, nas planícies da Depressão Periférica.

As principais jazidas de areia exploradas economicamente, estão localizadas no Rio Vacacaí, nos distritos do Passo do Verde (figura 12) e de Santa Flora, que fazem divisas com o município de São Sepé (figura 13), onde, pela maior proximidade das nascentes, situadas no Planalto Sulrio-grandense, são obtidas areias grossas e médias; na planície do Arroio Arenal, na divisa dos distritos Sede e Pains, extrai-se areia média.

Esses depósitos de aluvião, devido a sua reduzida espessura, são inexpressivos para a captação de água subterrânea através de poços tubulares, sendo explorados localmente por meio de poços rasos, escavados.

## Geomorfologia de Santa Maria

O relevo do município de Santa Maria<sup>28</sup> está inserido na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, que, durante os períodos Triássico e início do Cretáceo, foi preenchida por uma sedimentação continental característica, representada por camadas vermelhas (*red beds*) depositadas por sistemas fluviais alternados com lacustres, seguidos por arenitos eólicos de ambiente desértico.

<sup>28</sup> PEREIRA, P. R. B.; GARCIA NETO, L. R.; BORIN, C. J. A. & SARTORI, M. G. B. Contribuição à geografia física do município de Santa Maria: unidades de paisagem. *Geografia Ensino & Pesquisa*, Santa Maria, n° 3, p. 41-68.



*Figura 11:* Depósito coluvionar de encosta da Serra Geral, na Vila Bilibio, sobre o qual foram construídas casas de moradia. (Fotografia: Pedro Sartori, 2000)

No Cretáceo Médio Inferior, extensa atividade vulcânica fissural, relacionada com a abertura do Atlântico Sul, recobriu na forma de sucessivos derrames de lava grande parte da referida bacia sedimentar.

A situação geográfica do município de Santa Maria assinala a transição da sequência sedimentar de camadas vermelhas com os derrames de lava subsequentes. Por isso, nesta área, duas unidades morfoesculturais modeladas durante o Terciário e Quaternário originaram a Depressão Periférica e a Serra Geral, resultantes dos processos de dissecação fluvial e erosão (figura 14).



*Figura 12:* Rio Vacacaí. O pequeno volume de água no canal fluvial destaca os depósitos recentes de areia, ao longo das suas margens, na planície aluvial. Vista no sentido da montante do rio, a partir da ponte da BR-392, no Distrito do Passo do Verde. (Fotografia: Pedro Sartori, 2005)



*Figura 13:* Vista aérea da ponte sobre o Rio Vacacaí, que estabelece o limite sul do 6º Distrito do Passo do Verde com o município de São Sepé. Depósitos de areia na planície aluvial do rio, nas proximidades da ponte da BR-392, mostram a sua extração econômica. Foto obtida em 22/11/2003, quando o canal fluvial estava totalmente preenchido, em razão da alta pluviosidade que vinha acontecendo. (Fotografia: Pedro Sartori, 2003)



## 1. *Depressão Periférica*

O município de Santa Maria assinala, também, o limite entre duas unidades geomorfológicas: a Depressão do Rio Jacuí, que abrange a maior parte do município, e a Depressão do Rio Ibicuí, que abarca a extremidade oeste do distrito de Boca do Monte. O eixo tectônico São Gabriel – Santa Maria separa essas duas unidades através de um conjunto de coxilhas topograficamente mais altas. Distante cerca de 14km da cidade de Santa Maria, no alto da Coxilha do Pompílio, localizada no distrito de Boca do Monte, onde o substrato é constituído pela Formação Santa Maria, a BR-287 atravessa o limite entre as duas bacias, na altitude de 145 metros. Para o sul, essa coxilha se soma a um conjunto de coxilhas assinalado pelo traçado da estrada municipal que, passando pela Colônia Pedro Stock, Estância Velha e Porteirinha, tem continuidade no município de Dilermando de Aguiar, estabelecendo o limite entre os tributários das duas bacias hidrográficas que drenam as respectivas depressões.

As formas de relevo dominantes nessas áreas de depressão são do tipo coxilhas e planícies aluviais.

<sup>29</sup> Denominação regional de colinas.

### 1.1. *Coxilhas*<sup>29</sup>

Nos distritos de Santa Flora, Passo do Verde, Arroio do Só e parte centro-sul dos distritos de Pains, São Valentim e Boca do Monte, as formas de relevo são caracterizadas por coxilhas suaves e contínuas que se constituem em divisores de água de pequena amplitude, separando as sub-bacias hidrográficas dos rios Vacacaí e Ibicuí e que, por isso mesmo, foram ocupadas pelo traçado das estradas no interior do município. O substrato delas é constituído, essencialmente, pelos arenitos da Formação Sanga do Cabral. Deste grupo, no distrito de Santa Flora, várias se destacam:

- a) A Coxilha de Santa Catarina separa a sub-bacia da Sanga da Areia da sub-bacia do arroio São Gabriel, e dos tributários menores que deságuam no rio Vacacaí, na altitude de 130 metros. A Coxilha Bonita dá continuidade a esta, separando as sub-bacias do Arroio São Gabriel da Sanga da Limeira e do Arroio Sarandi.
- b) A Coxilha Pinheiro divide as sub-bacias dos arroios Sarandi e do Arenal, dos arroios da Lavagem e da Cria, tendo continuidade no distrito do Passo do Verde, passando por Mato Alto até Vista Alegre, onde separa, também, os tributários do Rio Vacacaí.

c) No distrito de São Valentim, a Coxilha da Conceição, por sua vez, é o divisor das sub-bacias do Arroio Taquara e do Arroio Sarandi.

d) No distrito de Pains, a coxilha do tipo mais arredondada, com 142m de altitude, onde está localizado o Frigorífico Silva, separa os tributários menores das sub-bacias dos arroios do Passo das Tropas e do Arenal (figura 15).

e) Na parte sul do distrito sede de Santa Maria, as coxilhas constituídas pelo Membro Passo das Tropas limitam as sub-bacias dos arroios Cadena e Passo das Tropas, até o entroncamento da BR-392 com a BR-158.

f) Na zona mais central da cidade de Santa Maria, a coxilha principal, assinalada no seu eixo principal pelo traçado da Avenida Rio Branco, Rua do Acampamento e Avenida Presidente Vargas, é constituída pela Formação Caturrita, contendo troncos fósseis silicificados na altitude em torno de 135 metros. Esta coxilha separa os tributários da sub-bacia do arroio Cadena entre si, e da sub-bacia do arroio Vacacaí-Mirim.

g) Enfim, as coxilhas mais baixas na parte central dos distritos Sede, Boca do Monte, Arroio Grande e Palma são constituídas, principalmente, pelo Membro Alemoa da Formação Santa Maria.

G E O L O G I A	
F O R M A Ç Ã O	
Depósitos de Aluvião (em planícies)	
Depósito Coluvionar de Encosta (em patamar)	
Formação Serra Geral	Sequência Superior Ácida
	Sequência Inferior Básica
Formação Botucatu / Formação Caturrita (indiferenciadas no perfil)	
Formação Santa Maria	Membro Alemoa (aquífero)
	Membro Passo das Tropas (aquífero principal)
Formação Sanga do Cabral (aquiclude)	



Figura 14: Perfil geológico – geomorfológico (simplificado). Município de Santa Maria. Direção geral: Norte-Sul. Escala horizontal 1:100.000

G E O M O R F O L O G I A		
Serra Geral / Serra do Pinhal / Montanha Russa		A
Morros Testemunhos	Cerrito	B
	Cerro Mariano da Rocha	C
Festão da Serra do Pinhal		A - B - C
Depressão Periférica / Depressão do Rio Jacuí (F - D - E - C - B)	Coxilhas altas	D
	Coxilhas baixas	E
	Planícies aluviais	F

### Voçorocas e Ravinas

Algumas das vertentes das coxilhas, formadas pelos siltitos argilosos do Membro Alemoa da Formação Santa Maria e originadas pelo processo de dissecação fluvial vertical, com a retração da vegetação numa época recente e de clima mais seco durante o Holoceno (entre 3.500 AP e 2.400 AP), foram submetidas aos efeitos que se seguiram com a retomada do clima mais úmido e que caracteriza os dias atuais. Foi durante esse último período de alternância climática que se originou, por processos naturais, um tipo característico de relevo denominado *voçoroca* nas vertentes das coxilhas, e *ravina* na base, pela água superficial de escoamento pluvial. O lençol freático em profundidade e a erosão linear, tendendo a atingir o nível-base de erosão, em direção aos vales onde hoje se localizam os leitos fluviais dos arroios que drenam a área, deram origem ao alargamento lateral desse processo erosivo.

Analisando o comportamento pluviométrico na região de Santa Maria, no período de 1913 a 2000, Kegler<sup>30</sup> constatou haver uma tendência de incremento nos totais anuais de chuvas, principalmente a partir dos anos 70. Com isso, o lento avanço da cobertura vegetal nos locais de maior umidade contribuiu, também, para a evolução do processo de retração em que se encontram as sangas, ficando cada vez mais difícil a exposição pela erosão dos ossos de répteis fósseis.

<sup>30</sup> KEGLER, L. L. *Análise da pluviometria em Santa Maria no período de 1913 a 2000*. UFSM. Curso de Geografia. Trabalho de Graduação, 2002. 45 p.

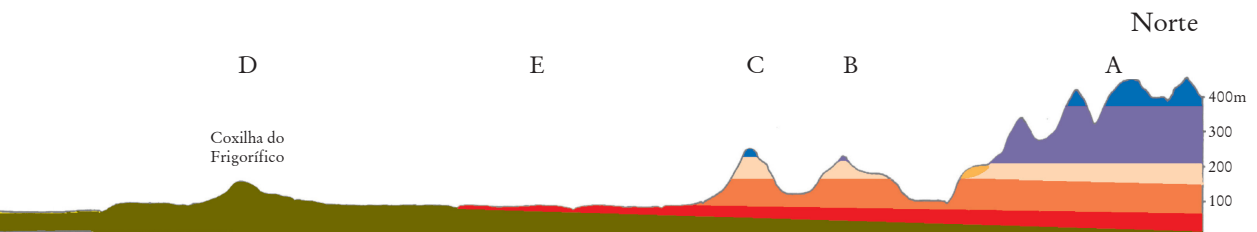




Figura 15: Depressão Periférica, com o relevo de coxilhas, os morros testemunhos Mariano da Rocha e do Cerrito. Em segundo plano, o Planalto da Bacia do Paraná, com os morros da Serra do Pinhal (Serra Geral), na zona de transição entre as duas regiões. Vista para norte, a partir do topo da coxilha do Frigorífico Silva. (Fotografia: Pedro Sartori, 2008)

Até ao final da década de 70 existiam várias dessas feições erosivas nesses siltitos vermelhos, denominadas regionalmente de *sangas*, nos arredores de Santa Maria (figura 5). A localidade da Alemoa, próxima a RS-509, em direção a Camobi, tornou-se conhecida pela existência de expressivas sangas, onde grande quantidade de ossos de répteis fósseis foi coletada ao longo de várias décadas, e também pelo fato de ter sido o sítio pioneiro dessas descobertas. Em vista disso, Bortoluzzi<sup>31</sup> denominou de Membro Alemoa o local da secção tipo deste pacote sedimentar.

No universo da geomorfologia, o homem produz modificações locais nos processos e nas formas do relevo terrestre, através de influências controladoras sobre os demais sistemas. Foi o que acabou acontecendo nos jazigos da Alemoa, onde as principais sangas existentes desapareceram: inicialmente, com a construção da RS-509 – que modificou o nível de base local de erosão – e, mais recentemente com o isolamento, por cerca, para a preservação da área da Sanga Grande – onde a ação do sistema biogeográfico, com o recobrimento por matéria vegetal, acabou interrompendo o processo natural de erosão e ravinamento (figura 16).

Nos últimos anos, a vertente em processo natural de erosão pluvial na localidade da Alemoa, que permitiu novas descobertas fossilíferas, situa-se na encosta norte do Cerriquito, voltada para a RS-509. A forte intensidade das chuvas que caíram na região, relacionadas com o fenômeno *El Niño*, caracterizado como do tipo muito forte, no período compreendi-

<sup>31</sup> BORTOLUZZI, C. A. *Op. cit.*

do entre a primavera de 1997 e o inverno de 1998, propiciaram que o processo de erosão e ravinamento continuasse, o que favoreceu a exposição e a coleta de novos achados de ossos fósseis de dinossauros. Hoje, infelizmente para a continuidade das pesquisas paleontológicas, o aterro parcial desta sanga e a cobertura vegetal que vem ocorrendo naturalmente provocarão, sem dúvida, em curto espaço de tempo, o desaparecimento de todos os jazigos fossilíferos da Alemoa.



*Figura 16:* Sanga Grande na localidade da Alemoa, com siltito argiloso fossilífero praticamente recoberto por vegetação, o que impede a ação dos processos erosivos naturais para novas descobertas de ossos de répteis fósseis (Fotografia: Pedro Sartori, 2000).

### *1.2. Planícies aluviais*

As outras formas de relevo que se intercalam entre as coxilhas, com amplitude variada, são as planícies aluviais que acompanham a rede hidrográfica do município (figura 12), constituindo as várzeas e banhados.

Essas áreas são topograficamente planas e apresentam altitude média entre 50 e 60 metros. As principais são as que se distribuem ao longo das sub-bacias do Arroio Arenal, do Rio Vacacaí-Mirim, do Rio Vacacaí (figura 13) e do Rio Ibicuí-Mirim.

### Terraços e Patamares

Nos distritos de Arroio Grande, Pains e Arroio do Só, terraços fluviais constituem um tipo de relevo situado de modo descontínuo nas vertentes das coxilhas, em contato com as planícies aluviais do Arroio Grande, do Arroio do Meio e do Rio Vacacaí, numa altitude em torno de 10-20 metros acima dessas planícies.

Na parte leste do distrito de Pains, terraços fluviais, de forma lenticular, descontínuos, ocorrem nas vertentes das coxilhas de um dos tributários do arroio Passo das Tropas, formados por arenitos refratários de importância econômica.

No distrito Sede, na área ocupada pela vila Bilibio, ocorre outro tipo de relevo na forma de patamar, constituído por depósito coluvionar de encosta nos morros da Serra Geral, suscetível de sofrer escorregamentos nos períodos de forte precipitação pluviométrica.

## 2. Serra Geral

Esta unidade morfoescultural, resultante da erosão regressiva da borda meridional do Planalto da Bacia do Paraná, está localizada na extremidade norte dos distritos Sede, Santo Antônio, Boca do Monte e Arroio Grande, com direção geral leste-oeste. Localmente, no distrito Sede é conhecida como Serra do Pinhal, que apresenta formas em morros.

### 2.1. Morros

O Morro da Caturrita, com altitude de 428 metros, capeado pelo riólito granofírico da sequência superior ácida da Formação Serra Geral, e o Morro do Link, coberto por arenito *intertrap* que recobre o primeiro derrame de basalto da sequência inferior básica da referida formação, situado ao norte do centro da cidade, são, dentre outros, formas de relevo que constituem, localmente, a Serra do Pinhal.

A Montanha Russa<sup>32</sup> é uma unidade morfológica do distrito Sede, e sua denominação atual designa um conjunto de quatro morros da Serra do Pinhal, com altitudes crescentes de 339, 435, 450 e 459 metros, rumo norte.

### 2.2. Morros Testemunhos

O Cerro de Santa Maria<sup>33</sup>, com altitude de 275 metros, recoberto pelo primeiro derrame de basalto, e o Cerro de Santo Antônio (figura 17), com altitude de 390 metros e capeado por riólito, constituem morros testemunhos engastados que fazem parte do alinhamento da Serra Geral. Seus topos são do tipo tabular e agudo, respectivamente.

O Cerrito, com 225 metros de altitude, topo do tipo agudo, coberto pelo segundo derrame de lava basáltica, e o Cerro Mariano da Rocha, com altitude de 245 metros, com topo do tipo convexo e capeado pelo derrame de riólito representam os morros testemunhos mais meridionais da Serra Geral. Alinhados com a Montanha Russa, formam o *Festão da Serra do Pinhal* (figura 18), com direção geral nordeste-

<sup>32</sup> A denominação “Montanha Russa” deriva de um parque que existiu entre 1907 e 1932 nas imediações da barragem do Vacacaí-Mirim (figura 1), conforme MAR-CHIARI, J. N. C. & NOAL Fº, V. A. *Santa Maria: relatos e impressões de viagem*. Santa Maria: Ed. UFSM, 1997. p. 262.

<sup>33</sup> Ver nota 25.

sudoeste, limitando o eixo leste de expansão da cidade. Tais formações revelam um relevo residual, com prolongamento meridional, oriundo dos derrames de lavas da Formação Serra Geral que extravasaram de forma transgressiva para o sul.



*Figura 17:* Morro de Santo Antônio, na Serra Geral. Vista para noroeste, a partir da subida do morro da Caturrita. (Fotografia: Pedro Sartori, 2008)



*Figura 18:* Próximo à linha do horizonte, vista geral do conjunto de morros da Montanha Russa, alinhados com o Cerrito e o Cerro Mariano da Rocha, que estabeleceu o limite de expansão do centro da cidade para leste. (Fotografia: Pedro Sartori, 2008)

**Pedro Luiz Pretz Sartori** é geólogo, doutor em Geociências e professor aposentado do Departamento de Geociências do Centro de Ciências Naturais e Exatas da Universidade Federal de Santa Maria.

psartori@brturbo.com.br

Durante os períodos Terciário e Quaternário, os processos erosivos associados aos climas úmidos, alternados com climas áridos e semi-áridos, comandaram a esculturação da paisagem atual do município de Santa Maria.

Na época recente, o clima subtropical úmido favoreceu o recobrimento vegetal de todo modelado, freando o processo de dissecação pluvial associado à erosão e deposição que resultou nas referidas formas do relevo atual.

## Síntese da História Natural de Santa Maria (Pedro Luiz Pretz Sartori)

Geocronologia		Formação		Litologias		Hidrogeologia		Formas de Relevo	
Período	Época								
Quaternário	Holoceno	Depósitos de Aluvião			Areia grossa, média e fina. Cascalho na zona de encosta	Aquífero contínuo, livre, de grande extensão, vulnerável à poluição		Planícies aluviais dos arroios e dos rios	
	0,01 Ma	Hiato							
	Pleistoceno	Terraços Fluviais e Patamares			Conglomerado, arenito médio com silte e argila, pouco consolidados. Depósitos de coluvião de encosta da serra	Aquífero irregular, livre; aproveitamento restrito de água por poços de pequena profundidade, nos terraços e patamares		Terraços de algumas coxilhas do Membro Passo das Tropas e da Formação Sanga do Cabral. Patamares da Serra do Pinhal	
	1,75 Ma	Hiato							
Cretáceo Inferior	128 Ma	Formação Serra Geral	Sequência Ácida Superior		Derrames de vitrófiro e granófiro, de composição riolítica e riódacítica	Aquífero de fissura, com fontes nas zonas de fraturamento horizontal, nas vertentes dos morros		Topo de morros da Serra do Pinhal. Topo do Cerro Mariano da Rocha (morro testemunho)	
	138 Ma		Sequência Básica Inferior		Derrames de basalto e andesito tholeiíticos. Soleiras de diabásio	Aquífero, em zonas de fratura, constituindo fontes de nascentes		Morros da Serra do Pinhal. Topo do Cerrito e do Cerriquito	
	145,5 Ma	Formação Botucatu			Arenito médio a fino eólico, com estratificação cruzada de grande porte	Nas vertentes dos morros da Serra do Pinhal; não se comporta como um aquífero		Parte média das vertentes dos morros da Serra do Pinhal e dos morros testemunhos	
Hiato									
Triássico	199,6 Ma Rético 203,6 Ma	Formação Caturrita			Arenito médio a fino, com troncos silicificados próximos à base e camadas de siltito argiloso, em direção ao topo	Aquífero contínuo livre, bastante poluído pela contaminação da água de recarga na área urbanizada		Coxilhas alongadas, mais altas do que as da Formação Santa Maria, na área urbana da cidade	
	203,6 Ma Noriano 216,5 Ma	Hiato em relação ao arenito com troncos vegetais / diretamente em contato com o arenito, com camadas de siltito argiloso e com fósseis animais							
	216,5 Ma Carniano 228 Ma	Formação Santa Maria	Membro Alemoa		Siltito argiloso vermelho, maciço e muito impermeável, contendo concreções calcárias (calcretes) e ossos de répteis fósseis. Contato gradacional com o Membro Passo das Tropas	Aquiclude impermeável		Coxilhas; algumas com ravinas e voçorocas (sangas) nas vertentes	
	228 Ma Ladiniano 237 Ma		Membro Passo das Tropas		Arenito fino a médio, grosseiro a conglomerático na base, feldspático, com intercalações de pelito e siltito com impressões vegetais	Aquífero contínuo livre na área de afloramento, e confinado para o Norte. Melhor aquífero da região		Coxilhas, ao sul no entroncamento da BR392/BR-158 até o Arroio Passo das Tropas, na seção tipo	
		Hiato							
	249,7 Ma Induano 251 Ma	Formação Sanga do Cabral			Arenito fino com intercalações de pelito e siltito	Aquiclude		Coxilhas ao longo dos distritos, na parte centro-sul do município	