



**INSTITUTO
ÁGUA E TERRA**

**GEOLOGIA AMBIENTAL APLICADA ÀS
ASSOCIAÇÕES DE MUNICÍPIOS DO PARANÁ**
Associação dos Municípios da Região dos Campos Gerais
AMCG

Curitiba
2021



**INSTITUTO
ÁGUA E TERRA**

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Governador: Carlos Massa Ratinho Junior

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E TURISMO

Secretário: Márcio Fernando Nunes

INSTITUTO ÁGUA E TERRA

Diretor-Presidente: Everton Luiz da Costa Souza

DIRETORIA DE GESTÃO TERRITORIAL

Diretor: Amílcar Cavalcante Cabral

GERÊNCIA DE GEOCIÊNCIAS

Gerente: Carlos Roberto Fernandes Pinto

DIVISÃO DE GEOLOGIA

Chefe de Divisão: Luciano Cordeiro de Loyola

EQUIPE TÉCNICA

Lucas Akio Iwakura

Josué Souza Passos

Vinicius Antunes Ferreira da Silva

Gil Francisco Piekarz (apoio)

Instituto Água e Terra

Rua Engenheiros Rebouças, 1206 – Rebouças, Curitiba – PR, 80215-100

+55 (41) 3213-3700

www.iat.pr.gov.br



PREFÁCIO

A relação das civilizações com o contexto geológico é tão antiga quanto a própria existência da humanidade na Terra. Desde os primórdios, o homem apodera-se e transforma o meio ambiente em prol da sua subsistência. Nesse sentido, a exploração de bens minerais e energéticos, o aproveitamento dos recursos hídricos e o domínio territorial como um todo, foram e são práticas indispensáveis para o desenvolvimento das comunidades durante toda história da vida humana.

No entanto, a exploração desses recursos e as transformações territoriais tem se aproximado dos seus limites naturais. Neste contexto, o avanço da degradação e poluição ambiental têm interferido no equilíbrio da sustentabilidade dos sistemas e, por consequência, interferem diretamente na qualidade de vida das populações.

O consumo cada vez mais elevado de recursos como um todo, somados à poluição do solo e dos recursos hídricos, ilustram o problema deparado pelo ser humano nos dias atuais. O agravamento dessa inter-relação insustentável entre homem-natureza é de tamanha relevância que alguns autores defendem o estabelecimento de um novo período na escala geológica, o Tecnógeno, que teria iniciado com o surgimento de um novo e até então desconhecido agente geológico – o homem (TER-STEPANIAN, 1988).

A proposta Geologia Ambiental Aplicada às Associações de Municípios do Paraná tem como ponto focal a aplicação da informação geológica voltada para todo o espectro de interações entre os seres humanos e o meio ambiente físico para, na medida do possível, apontar soluções e recomendações relacionadas aos conflitos do uso e ocupação inadequada do solo, minimizar a degradação ambiental e maximizar os resultados benéficos da utilização sustentável dos ambientes naturais e aqueles modificados pela ação antrópica. Cumpre destacar que todo dado e informação aqui inventariada têm como fonte trabalhos de terceiros e de instituições públicas e privadas para as quais são dados os devidos créditos e que os produtos deste projeto não têm objetivos comerciais, mas sim o de informar, esclarecer e despertar interesse para a importância da geologia e suas disciplinas principalmente na gestão territorial e urbana para os técnicos que atuam nas secretarias municipais do meio ambiente.



Sumário

INTRODUÇÃO.....	6
CAPÍTULO I - ÁGUA	10
ÁGUAS SUPERFICIAIS	11
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS CINZAS	15
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IGUAÇU.....	16
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITARARÉ.....	17
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ	18
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIBEIRA.....	19
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBAGI.....	20
VULNERABILIDADE.....	21
IMPACTOS DA ATIVIDADE AGRÍCOLA.....	25
CONSERVAÇÃO	27
MONITORAMENTO	30
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	31
AQUÍFERO PRÉ-CAMBRIANO (CRISTALINO)	34
AQUÍFERO KARST.....	34
AQUÍFERO PALEOZOICO	35
VULNERABILIDADE.....	36
CONSERVAÇÃO	38
MONITORAMENTO	42
CAPÍTULO II - TERRA	44
GEOLOGIA.....	44
O TEMPO GEOLÓGICO.....	45
DADOS DE CARTOGRAFIA GEOLÓGICA.....	47
O CICLO DAS ROCHAS.....	48
ESTRATIGRAFIA.....	51
COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA	52
GEOLOGIA DA AMCG.....	53
ASPECTOS DA GEOLOGIA POR MUNICÍPIO.....	66
REGISTRO FOSSILÍFERO	82



FÓSSEIS NA AMCG	83
GEODIVERSIDADE E PATRIMÔNIO GEOLÓGICO	85
ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL (APA) ESCARPA DEVONIANA.....	94
RISCO GEOLÓGICO.....	96
RISCOS ASSOCIADOS AO KARST.....	98
RECURSOS MINERAIS.....	100
POTENCIALIDADE MINERAL NA AMCG.....	100
PROCESSOS MINERÁRIOS	104
COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS (CFEM)	111
RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES	114
REFERÊNCIAS	116
GLOSSÁRIO	118

INTRODUÇÃO

O levantamento de informações geológicas é imprescindível como instrumento indutor de desenvolvimento econômico e social, tendo como objetivo a melhoria das ações para um meio ambiente ecologicamente equilibrado e sustentável. Isso porque os dados geológicos representam uma base fundamental de conhecimento do meio físico. Além de orientar o uso de recursos minerais e naturais, bem como a descoberta de novas jazidas, o conhecimento geológico auxilia diretamente o gerenciamento de recursos hídricos, o ordenamento espaço-territorial, a identificação de áreas de risco e também as ações voltadas à proteção ambiental.

No Paraná, as associações dos municípios do estado têm como principal objetivo a integração regional, econômica e administrativa para fortalecimento dos entes as quais elas representam. Assim, o projeto intitulado Geologia Ambiental Aplicada às Associações de Municípios do Paraná, centrado em áreas-alvos de pesquisa, segundo a divisão estabelecida pela Associação dos Municípios do Paraná (AMP), visa o levantamento de um acervo de considerações geológicas e ambientais aos municípios que constituem as respectivas associações.

Fundada em 20 de agosto de 1964, a Associação dos Municípios do Paraná foi declarada Entidade de Utilidade Pública pela Lei Estadual 5455, de 24 de dezembro de 1966. Congrega os 399 municípios do Estado, divididos em 19 entidades municipalistas/associações regionais (Tabela 1) constituídas sob a forma de sociedade civil, sem fins lucrativos e de duração indeterminada.

As associações regionais são entidades representativas dos municípios do Paraná, habilitada para integrar os órgãos colegiados da Administração Pública Estadual e Federal ou indicar seus representantes bem como firmar convênios com o Poder Público Municipal, Estadual e Federal nos diversos setores de atividades da Administração Pública, trabalhamos em prol da coletividade e nossas ações são de cunho difuso, abrangendo todos os municípios do Paraná.



Tabela 1. Entidades municipalistas/associações regionais do Paraná

Sigla	Associações Regionais de Municípios do Paraná
AMCESPAR	Associação dos Municípios do Centro Sul do Paraná
AMCG	Associação dos Municípios da Região dos Campos Gerais
AMENORTE	Associação dos Municípios do Médio Noroeste do Estado do Paraná
AMEPAR	Associação dos Municípios do Médio Paranapanema
AMERIOS	Associação dos Municípios da Região do Entre Rios
AMLIPA	Associação dos Municípios do Litoral do Paraná
AMOCENTRO	Associação dos Municípios do Centro do Paraná
AMOP	Associação dos Municípios do Oeste do Paraná
AMSOP	Associação dos Municípios do Sudoeste do Paraná
AMSULEP	Associação dos Municípios da Região Sudeste do Paraná
AMSULPAR	Associação dos Municípios do Sul Paranaense
AMUNOP	Associação dos Municípios do Norte do Paraná
AMUNORPI	Associação dos Municípios do Norte Pioneiro
AMUNPAR	Associação dos Municípios do Noroeste do Paraná
AMUSEP	Associação dos Municípios do Setentrião Paranaense
AMUVI	Associação dos Municípios do Vale do Ivaí
ASSOMEÇ	Associação dos Municípios da Região Metropolitana de Curitiba
Cantuquiriguaçu	Associação do Cantuquiriguaçu
COMCAM	Comunidade dos Municípios da Região de Campo Mourão

A Associação dos Municípios dos Campos Gerais (AMCG), uma das entidades municipalistas, reúne 19 municípios na região centro-leste do Paraná (Figura 1). Assim como as outras entidades, a AMCG tem como principal objetivo a integração regional, econômica e administrativa para fortalecimento dos municípios que ela representa de forma colaborativa entre os órgãos e entidades públicas, privadas, visando sempre os interesses regionais dos associados.

A AMCG, que tem Ponta Grossa como cidade polo, abrange os municípios de Arapoti, Carambeí, Castro, Curiúva, Imbaú, Ipiranga, Ivaí, Jaguariaíva, Ortigueira, Palmeira, Piraí do Sul, Ponta Grossa, Porto Amazonas, Reserva, São João do Triunfo, Sengés, Telêmaco Borba, Tibagi e Ventania.

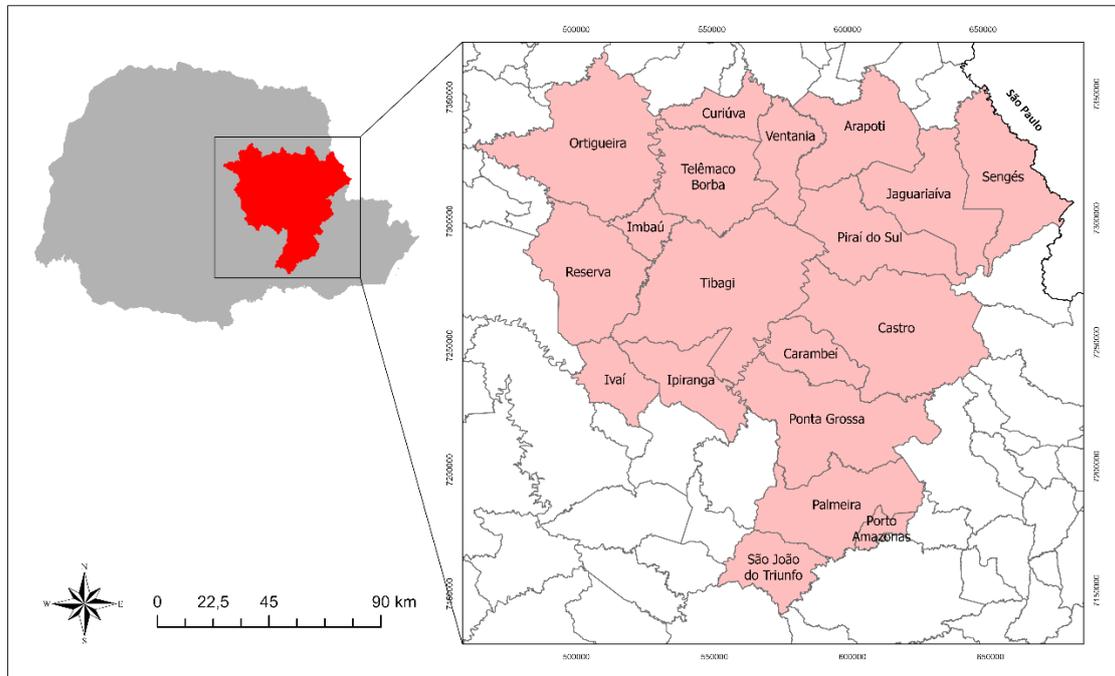


Figura 1. Localização da Associação dos Municípios dos Campos Gerais, AMCG (Fonte de dados: Instituto Água e Terra/PR).

Associação dos Municípios dos Campos Gerais compreende uma área de mais de 24.800 km², representando cerca de 12% do território estadual e com uma estimativa atual de 825 mil habitantes (Tabela 2).



Tabela 2. Dados geoeconômicos dos municípios da AMCG. Fonte de dados: IBGE (2010; 2017; 2019) e ITCG (2019).

Município	Área em km ² (ITCG/2019)	PIB per capita (IBGE/2017)	População censo (IBGE/2010)	População estimada (IBGE/2019)
Arapoti	1364,517	R\$ 39.092,54	25.855	28.115
Carambeí	648,745	R\$ 57.644,15	19.163	23.415
Castro	2526,147	R\$ 37.188,13	67.084	71.484
Curiúva	574,959	R\$ 14.981,14	13.923	15.101
Imbaú	331,661	R\$ 16.806,62	11.274	13.111
Ipiranga	926,138	R\$ 31.434,76	14.150	15.172
Ivaí	601,647	R\$ 27.590,72	12.815	13.879
Jaguariaíva	1447,305	R\$ 40.846,10	32.606	34.857
Ortigueira	2432,082	R\$ 76.830,22	23.380	22.141
Palmeira	1472,415	R\$ 42.208,23	32.123	33.877
Piraí do Sul	1343,947	R\$ 31.845,21	23.424	25.463
Ponta Grossa	2042,673	R\$ 42.208,23	311.611	351.736
Porto Amazonas	186,763	R\$ 24.882,00	4.514	4.848
Reserva	1634,575	R\$ 20.620,71	25.172	26.715
São João do Triunfo	718,914	R\$ 34.012,20	13.704	15.120
Sengés	1440,488	R\$ 26.636,80	18.414	19.327
Telêmaco Borba	1382,599	R\$ 49.647,14	69.872	78.974
Tibagi	2973,368	R\$ 42.370,95	19.344	20.522
Ventania	817,87	R\$ 19.494,73	9.957	11.892
Total	24866,813	-	748.385	825.749

CAPÍTULO I - ÁGUA

A superfície da Terra é dominada, em 75%, pelas águas. Os 25% restantes são terras emersas, ou seja, terras acima do nível do mar, dos rios e lagos. Tamaña abundância cria condições essenciais para a vida e mantém o equilíbrio da natureza.

A água de fácil acesso, encontrada nos reservatórios superficiais, representa uma pequena porção das fontes de água doce no país. Os maiores reservatórios nacionais são de água armazenada em **aquíferos** ou, comumente chamadas, águas subterrâneas. Para o uso desses reservatórios, a água precisa ser de boa qualidade, estar livre de contaminação e de qualquer substância tóxica. Acredita-se que menos de 1% de toda a água doce do Planeta está em condições potáveis.

Para melhor gestão e fiscalização desse recurso indispensável, entraram em vigor as leis nº 9.433/1997 (federal) e nº 12.726/1999 (estadual), também conhecidas como Leis das Águas. Segundo essas leis, a água é considerada um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e sempre proporcionar o uso múltiplo das águas.

Atualmente os recursos hídricos se destinam ao abastecimento público e esgotamento sanitário, uso industrial, irrigação agrícola e pecuária, produção de energia elétrica, navegação, atividades de lazer e recreação e a preservação da vida aquática. No estado do Paraná, o maior consumo de água se dá para o abastecimento público, com cerca de 44% do total, seguido da demanda industrial com 24%, agricultura 20% e pecuária, com 12% (IAP, 2019).

ÁGUAS SUPERFICIAIS

As águas que não penetram no solo, acumulam-se na superfície, escoam e dão origem aos rios, riachos, lagoas e córregos. Por esta razão, são consideradas uma das principais fontes de abastecimento de água potável do planeta. Portanto, faz-se necessária a realização do monitoramento dessas águas, a fim de conhecer a quantidade e a qualidade disponível e gerar insumos para o planejamento e a gestão dos recursos.

Quando as águas superficiais são delimitadas geograficamente pela área de drenagem, essa região é denominada como **bacia hidrográfica**. Neste sentido, a unidade territorial da bacia hidrográfica é delimitada por todos os rios e córregos que convergem para um rio principal (Figura 2).

Atualmente, a qualidade e quantidade das águas têm sido influenciadas diretamente pela atividade humana existente na bacia. A forma de uso, modificações no solo e relevo, o desmatamento, atividades rurais e industriais são os principais agentes de causa-efeito que exercem grande pressão sobre os recursos naturais que compõem a bacia hidrográfica.



Figura 2. Esquema ilustrativo de uma bacia hidrográfica. (Fonte de imagem: Sema Pará)

O estado do Paraná possui **16 bacias hidrográficas** (Tabela 3 e Figura 3) estabelecidas legalmente pela Resolução n.º 024/2006/SEMA. Essas bacias somam mais de 196 mil quilômetros quadrados de extensão, dotados de recursos naturais e um potencial turístico imensurável.

Para o gerenciamento de recursos hídricos no estado do Paraná foram definidas, por meio da Resolução Nº 49/2006/CERH, **12 unidades hidrográficas** (Tabela 3 e Figura 4)). A abrangência dessas unidades pode ser a bacia hidrográfica na sua totalidade ou parte dela. O propósito da regionalização é estabelecer a área de atuação da gestão de recursos hídricos, considerando os pressupostos legais e os aspectos intervenientes na disponibilidade e qualidade da água.



Tabela 3. Bacias Hidrográficas e Unidades Hidrográficas do Paraná

Bacias Hidrográficas	Unidades Hidrográficas
Bacia do Paraná 1	Alto Iguaçu/Ribeira
Bacia do Paraná 2	Alto Ivaí
Bacia do Paraná 3	Alto Tibagi
Bacia do Paranapanema 1	Baixo Iguaçu
Bacia do Paranapanema 2	Baixo Ivaí/Paraná I
Bacia do Paranapanema 3	Baixo Tibagi
Bacia do Paranapanema 4	Itararé/Cinzas/Paranapanema I e II
Bacia do Piquiri	Litorânea
Bacia do Rio das Cinzas	Médio Iguaçu
Bacia do Rio Iguaçu	Paraná III
Bacia do Rio Itararé	Piquiri/Paraná II
Bacia do Rio Ivaí	Pirapó/Paranapanema III e IV
Bacia do Rio Pirapó	
Bacia do Rio Ribeira	
Bacia do Rio Tibagi	
Bacia Litorânea	

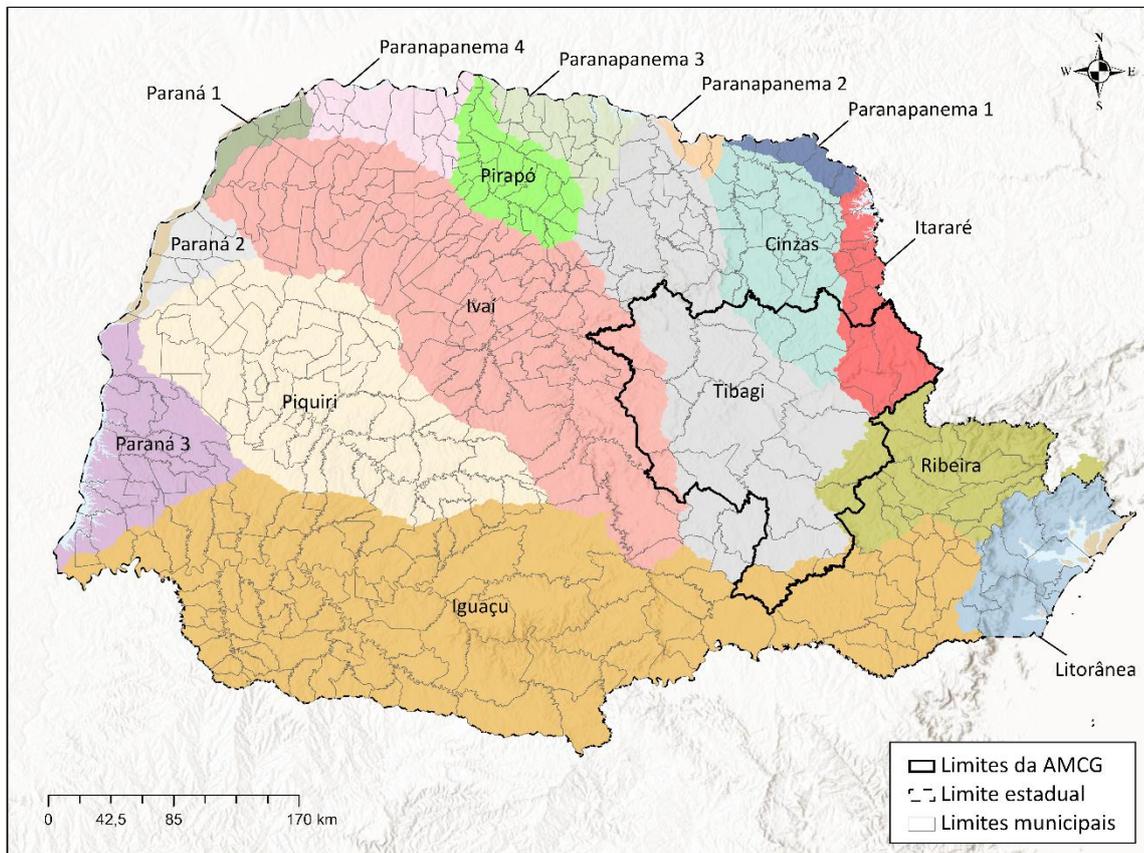


Figura 3. Bacias hidrográficas do Paraná. Destaque para os limites da AMCG.

Conforme já pontuado, a regionalização das bacias em unidades hidrográficas (Figura 4) é uma forma de agrupar e subdividir essas áreas de acordo com características socioeconômicas e de uso e ocupação do solo, definindo áreas homogêneas para atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Segunda a Agência Nacional de Águas (ANA), os Comitês de Bacia Hidrográfica, antes do Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, constituem o “Parlamento das Águas”, espaço em que representantes da comunidade de uma bacia hidrográfica discutem e deliberam a respeito da gestão dos recursos hídricos compartilhando responsabilidades de gestão com o poder público.

Comitê é um termo que indica uma comissão, junta, delegação ou reunião de pessoas, para debate e execução de ações de interesse comum. Bacia hidrográfica é um território delimitado por divisores de água cujos cursos d’água em geral convergem para uma única foz localizada no ponto mais baixo da região. Unindo os dois conceitos: Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) significa o fórum em que um grupo de pessoas, com diferentes visões e atuações, se reúne para discutir sobre um interesse comum – o uso



d'água na bacia. Portanto, o incentivo para que as comunidades participem dos comitês é de grande importância para os municípios.

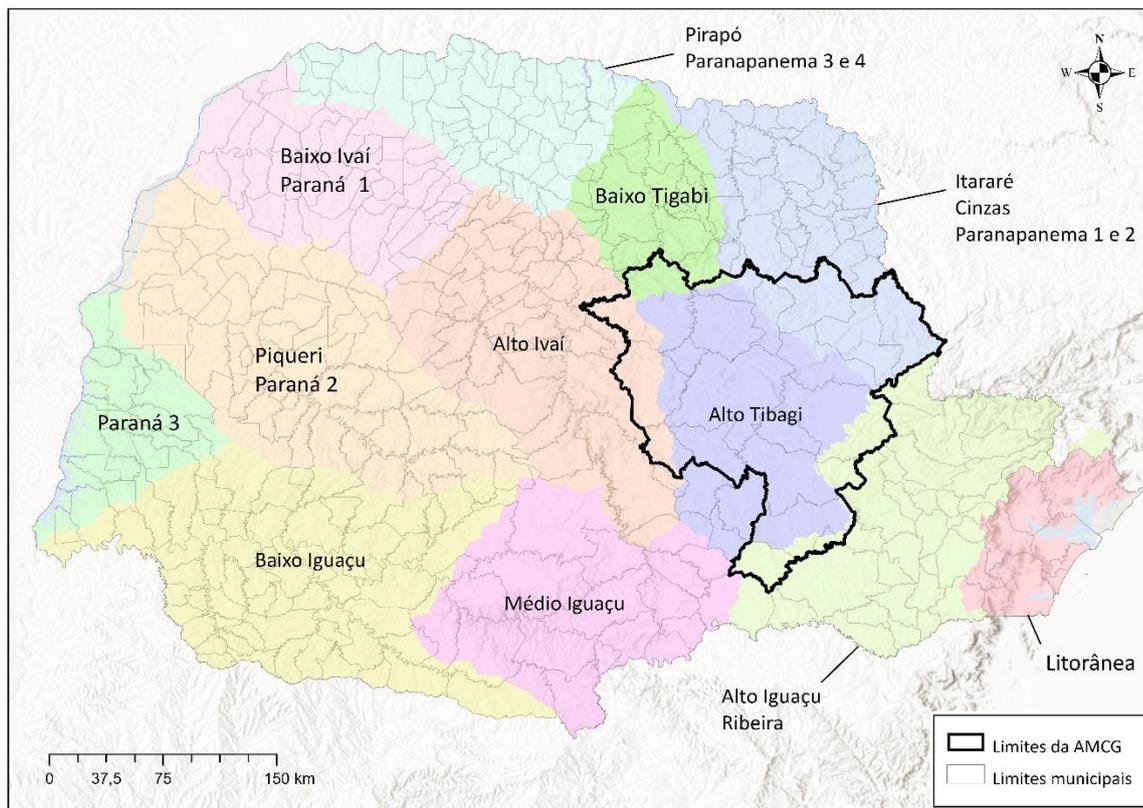


Figura 4. Unidades hidrográficas do Paraná. Destaque para os limites da AMCG.

A Associação dos Municípios dos Campos Gerais se estende pelo limite geográfico de 6 diferentes bacias (Figura 5), que por sua vez, são gerenciados por distintos comitês de gestão. Essas bacias hidrográficas são: Cinzas, Iguaçu, Itararé, Ivaí, Ribeira e Tibagi.

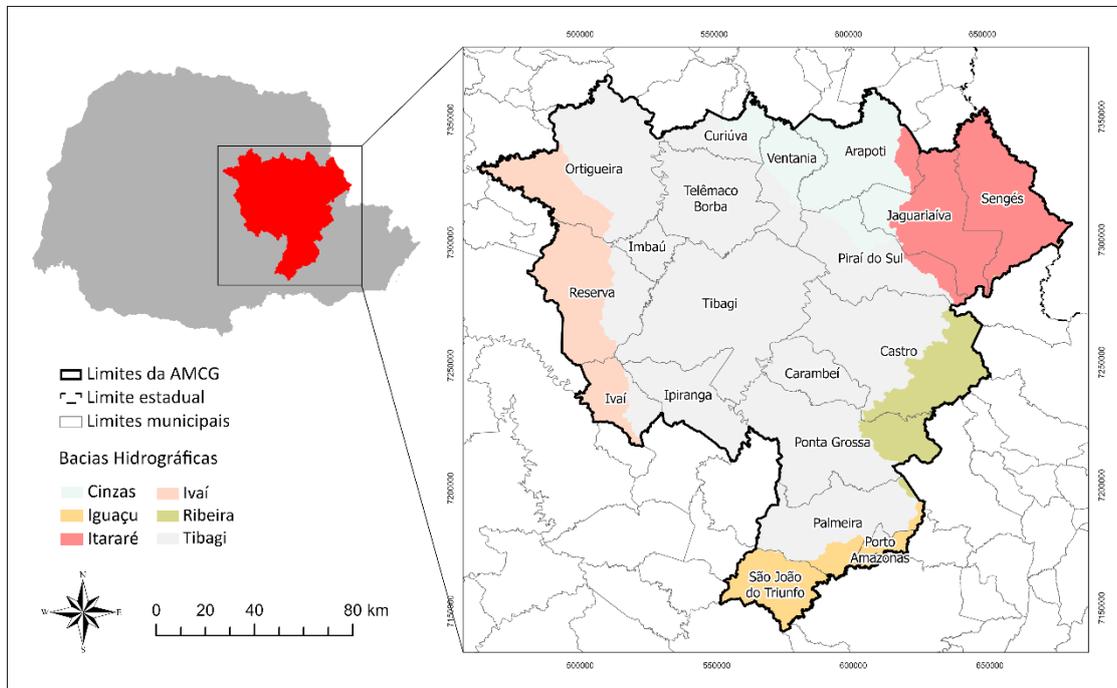


Figura 5. Bacias hidrográficas presentes na AMCG (Fonte de dados: Águas Paraná).

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS CINZAS

A bacia hidrográfica do rio das Cinzas (Figura 6) possui uma área total de 9.612,8 km², cerca de 5% da área do Paraná. Na AMCG a bacia do rio das Cinzas se encontra presente na porção norte, abrangendo os municípios de Arapoti, Pirai do Sul, Jaguaraiá, Ventania e Curiúva.

A bacia do rio das Cinzas é o principal curso d'água do Norte Pioneiro e nasce na Serra de Furnas, no município de Pirai do Sul a oeste da Escapa Devoniana e deságua no Rio Paranapanema na divisa dos municípios de Santa Mariana e Itambaracá. Possui uma extensão de 240 km e os seus principais afluentes são: o Ribeirão Grande, o Ribeirão Jaboticabal, o Ribeirão Vermelho e o Rio Laranjinha.

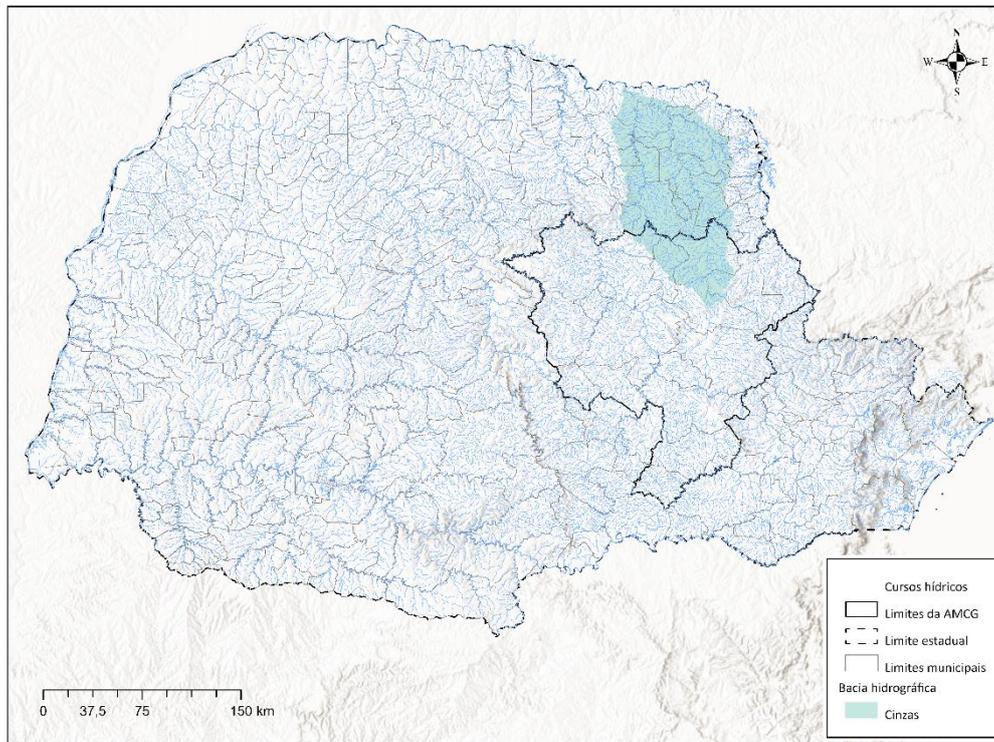


Figura 6. Bacia hidrográfica do rio das Cinzas. Destaque para os limites da AMCG (Fonte de dados: Águas Paraná).

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IGUAÇU

A Bacia Hidrográfica do Iguaçu (Figura 7) possui uma área total, dentro do Estado do Paraná, de 54.820,4 km², cerca de 28% da área total do estado. Além disso, a Bacia do Iguaçu está dividida nas seguintes Unidades Hidrográficas de Gestão de Recursos Hídricos, de acordo com a Resolução Nº 49/2006/CERH: Baixo Iguaçu, Médio Iguaçu e Alto Iguaçu, esta última é agrupada à Bacia do Ribeira.

Considerado o maior rio totalmente paranaense, o Rio Iguaçu é formado pelo encontro dos rios Irai e Atuba na parte leste do município de Curitiba, na divisa com o município de Pinhais. Na AMCG a bacia do Rio Iguaçu se encontra presente no extremo sul da região e abrange parte dos municípios de Palmeira, Porto Amazonas e São João do Triunfo.

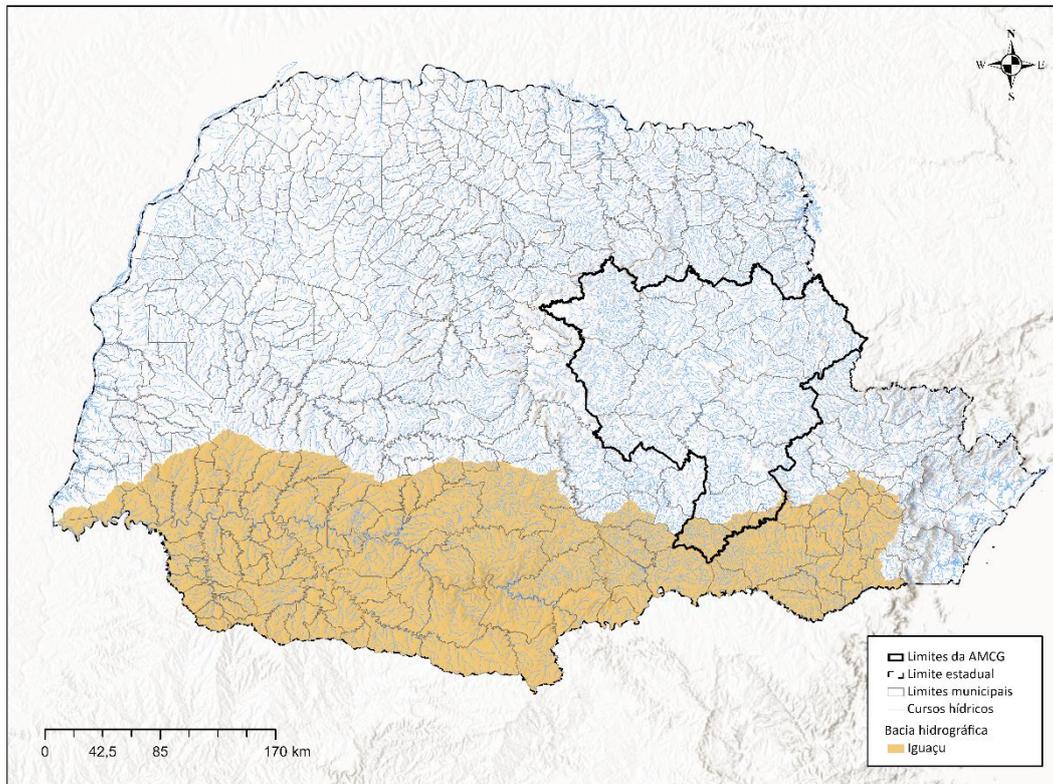


Figura 7. Bacia hidrográfica do rio Iguaçu. Destaque para os limites da AMCG (Fonte de dados: Águas Paraná).

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITARARÉ

A bacia hidrográfica do Itararé (Figura 8) possui uma área total de 4.845,40 km², cerca de 2% da área do estado. O Rio Itararé tem seu fluxo de sul para norte e conta com o Rio Jaguariaíva como principal afluente. Na AMCG a bacia do Rio Itararé se encontra presente no nordeste da região e abrange parte dos municípios de Arapoti, Jaguariaíva, Piraí do Sul e Sengés.

Na porção sul da bacia, ocorre parte da APA Estadual da Escarpa Devoniana, que tem seu limite norte entre os municípios de Jaguariaíva e Sengés.

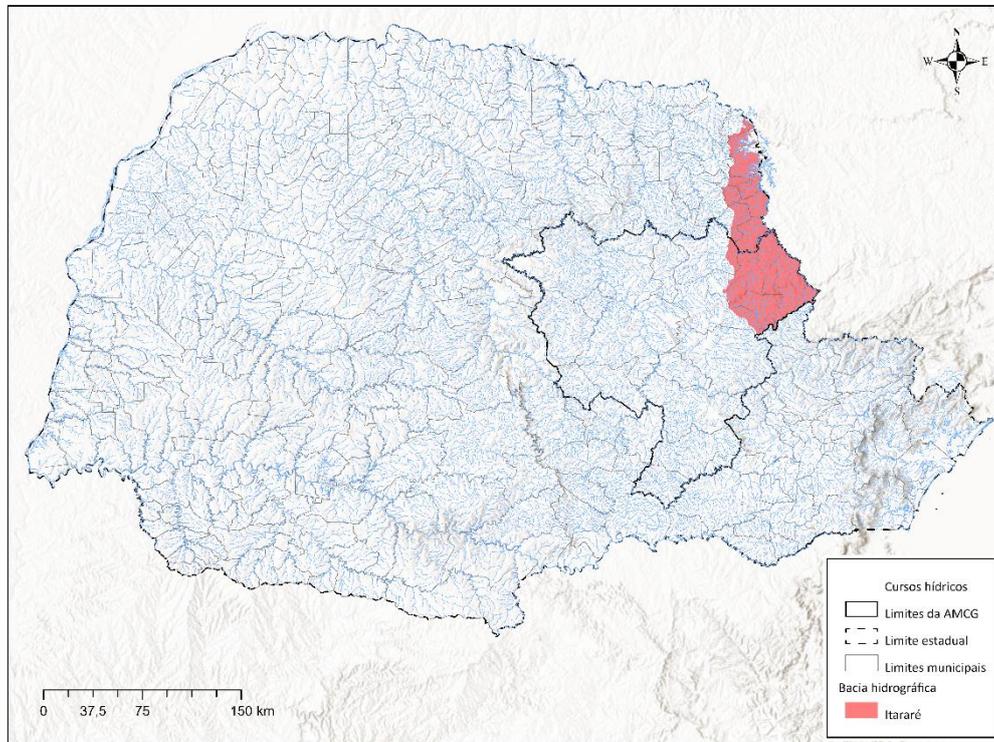


Figura 8. Bacia hidrográfica do rio Itararé. Destaque para os limites da AMCG (Fonte de dados: Águas Paraná).

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ

A bacia hidrográfica do Ivaí (Figura 9) possui uma área total de 36.540,0 km², cerca de 19% da área do estado. Além disso, a Bacia do Ivaí está dividida nas seguintes Unidades Hidrográficas de Gestão de Recursos Hídricos: Alto Ivaí e Baixo Ivaí, esta última é agrupada à bacia do Paraná 1.

A bacia do Rio Ivaí, do Tupi = Rio das Flechas, é a segunda maior em área e o rio é o segundo maior em extensão do Estado do Paraná, percorrendo 680 km. Ele nasce no município de Prudentópolis na confluência das águas do rio dos Patos com o Rio São João no segundo planalto e tem sua foz no Rio Paraná. Na AMCG, a bacia Hidrográfica do Rio Ivaí se encontra presente a oeste da região e abrange parte dos municípios de Ivaí, Ortigueira e Resende.

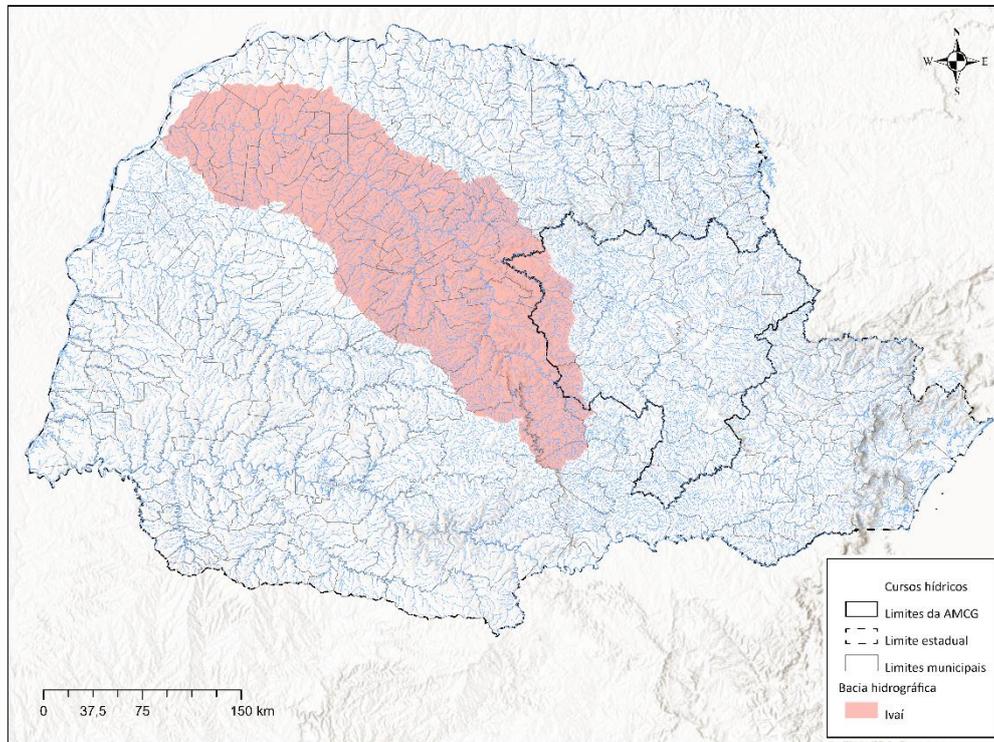


Figura 9. Bacia hidrográfica do rio Ivaí. Destaque para os limites da AMCG (Fonte de dados: Águas Paraná).

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIBEIRA

A bacia hidrográfica do Ribeira possui uma área total de 9.736 km², cerca de 5% da área do estado. O Rio Ribeira do Iguape percorre, além do estado do Paraná, o estado de São Paulo, tendo como principais contribuintes os rios Piedade, Pardo, Turvo, Capivari e Açungui. Dos seus 470 km de extensão, 220 km estão em território paranaense.

Na AMCG, a bacia Hidrográfica do Ribeira se encontra presente no sudeste da região e abrange parte dos municípios de Castro, Palmeira e Ponta Grossa.

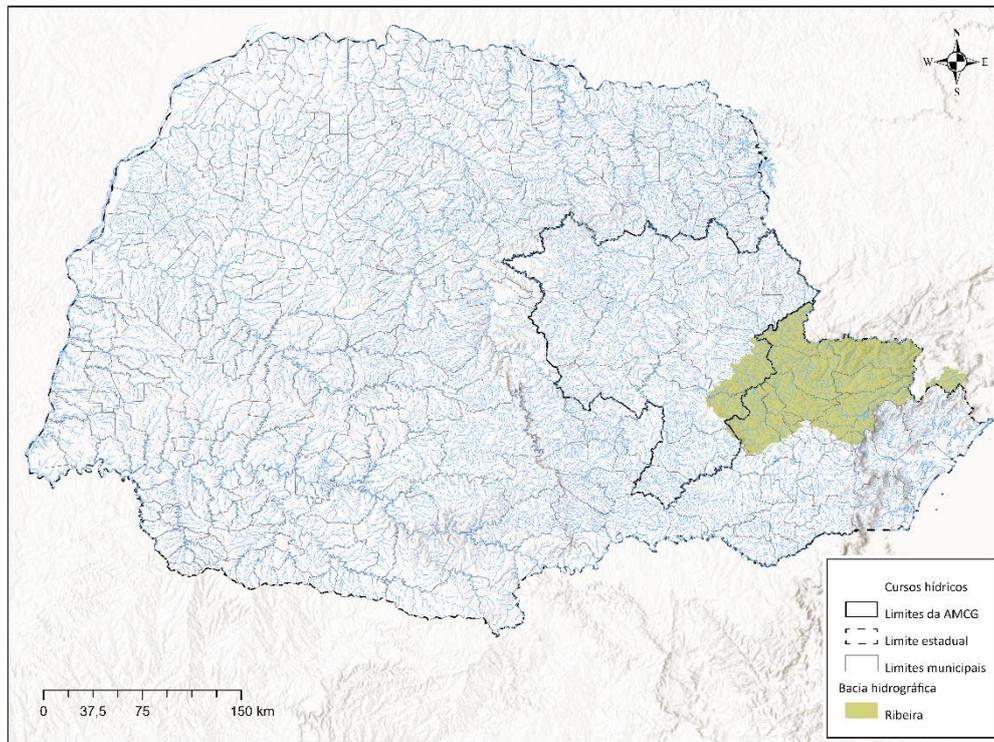


Figura 10. Bacia hidrográfica do rio Ribeira. Destaque para os limites da AMCG (Fonte de dados: Águas Paraná).

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBAGI

A bacia hidrográfica do Tibagi (Figura 11) possui uma área total de 24.937,4 km² (SEMA, 2007) - cerca de 13% da área do estado. Ressalta-se que a bacia do Tibagi está dividida nas seguintes Unidades Hidrográficas de Gestão de Recursos Hídricos: Alto Tibagi e Baixo Tibagi. O rio Tibagi tem como principais afluentes na margem esquerda os rios Taquara, ribeirão dos Apertados e ribeirão Três Bocas. Na margem direita os maiores contribuintes são os rios Iapó, São Jerônimo e Congonhas.

Na AMCG, a bacia do Tibagi ocupa, de norte a sul, quase todos os municípios da região, incluindo: Carambeí, Castro, Imbaú, Ipiranga, Ivaí, Ortigueira, Palmeira, Piraí do Sul, Porto Amazonas, Reserva, Telêmaco Borba, Tibagi e Ventania.



O rio Tibagi possui 550 quilômetros de extensão com 91 saltos e cachoeiras, sua nascente está localizada na Serra das Almas entre Ponta Grossa e Palmeira a 1.100 metros de altitude e deságua no reservatório da Usina Hidrelétrica de Capivara no Rio Paranapanema, a 298 m de altitude.

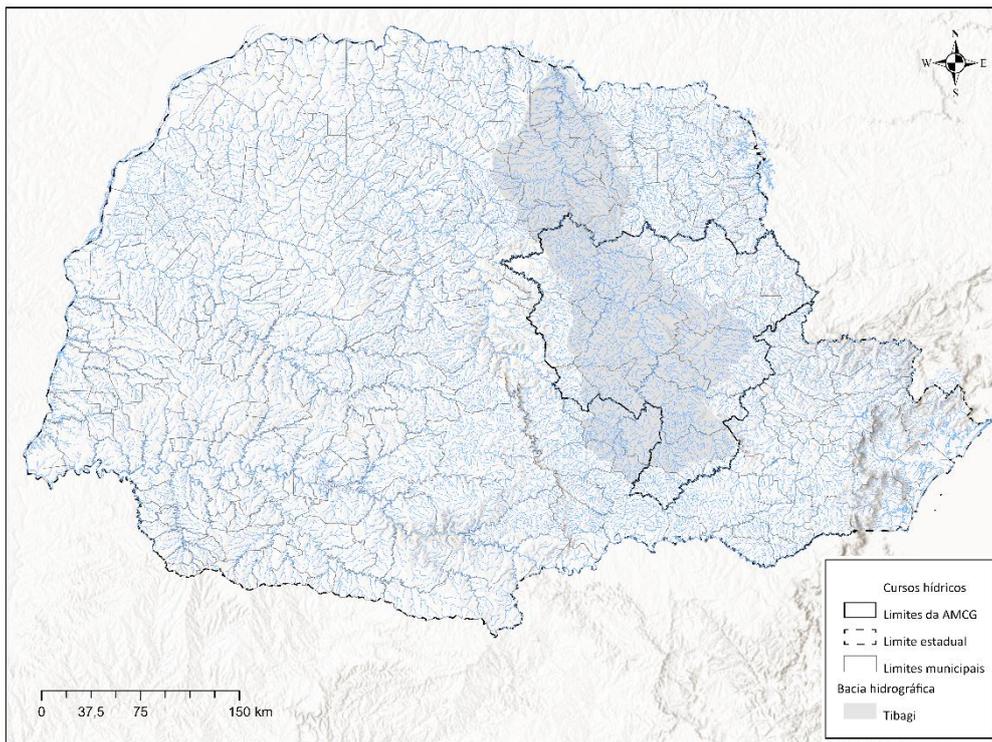


Figura 11. Bacia hidrográfica do rio Tibagi. Destaque para os limites da AMCG. (Fonte de dados: Águas Paraná).

VULNERABILIDADE

As águas superficiais são, em grande parte, poluídas devido ao lançamento irregular de esgoto não tratado e resíduos sólidos que são descartados nas proximidades da bacia hidrográfica ou até mesmo diretamente no leito dos rios.

As atividades humanas, assim como os processos naturais, podem alterar as características físicas, químicas e biológicas da água, com ramificações específicas para a saúde humana e do ecossistema. A seguir, estão enumeradas as principais alterações nas águas superficiais que podem trazer transtornos para as comunidades que dependem, de forma direta ou indireta, dos recursos hídricos:



I. Aumento de nutrientes e eutrofização

Essa contaminação, geralmente associada a excessos de nitrogênio e fósforo tende a aumentar taxas de produtividade primária (produção de matéria vegetal por meio da fotossíntese) em níveis excessivos, levando a um supercrescimento de algas e ao esgotamento do oxigênio dissolvido na coluna de água, o que pode provocar estresse ou mesmo matar organismos aquáticos. Normalmente, os contaminantes são provenientes do escoamento da agricultura, mas também provocada por lançamento de esgoto e de resíduos industriais. Esse processo é denominado de eutrofização (Figura 12).



Figura 12. Processo de eutrofização de recursos hídricos superficiais (Fonte de imagem: Patrulha Ambiental Itinerante).

II. Assoreamento

Assoreamento é o acúmulo de terra, lixo e matéria orgânica no fundo de um rio. O fenômeno geralmente acontece quando o curso d'água não possui matas ciliares (vegetação nas margens do rio). Sem a flora natural, o vento e a chuva levam a camada superficial do solo em direção aos rios, o que resulta em danos ambientais, como a dificuldade de navegação pelo curso d'água (Figura 13).

O fenômeno pode acontecer de maneira natural, mas as ações humanas têm intensificado o processo de assoreamento dos rios brasileiros. O desmatamento é um dos maiores agravantes desse processo. Sem árvores, arbustos ou até mesmo grama, o solo fica mais solto e menos resistente, ou seja, mais propício para ser arrastado pela chuva ou pelo vento. A falta de matas ciliares também ocasiona a



erosão da encosta dos rios. Além da dificuldade de navegação, o assoreamento pode causar outros danos sociais e ambientais. Devido aos sedimentos acumulados no fundo do leito, a água vai procurar atalhos para seguir seu caminho. Muitas vezes esses desvios acabam chegando em áreas com ruas e casas, o que ocasiona as enchentes urbanas.



Figura 13. Processo de assoreamento de cursos hídricos superficiais (Fonte de imagem: PUC Minas).

III. Temperatura da água

A temperatura da água desempenha papel importante na sinalização de funções biológicas como desova e migração e afeta taxas metabólicas de organismos aquáticos. Alterações na temperatura natural dos ciclos da água podem impedir o sucesso reprodutivo e de crescimento, ocasionando diminuições de populações pesqueiras e de outras classes de organismos. Quanto mais quente a água, menor seu conteúdo de oxigênio, o que prejudica funções metabólicas e condições de saúde. Esses impactos podem ser especialmente graves a jusante de usinas de geração de energias térmicas ou nucleares, fábricas ou unidades industriais, nas quais as águas retornadas aos fluxos podem estar numa temperatura substancialmente mais elevada do que os ecossistemas são capazes de absorver (CARR & NEARY, 2008).

IV. Salinidade

Tipicamente, espécies vegetais e animais de água doce não toleram altos níveis de salinidade. O acúmulo de sais na água pode ter uma série de causas provocadas pela ação do homem, normalmente. Entre elas estão o escoamento agrícola, de terras com alto teor de sais, as descargas de águas subterrâneas de perfurações de petróleo e gás ou outras operações envolvendo bombeamento; atividades industriais diversas; e certos tipos de tratamento municipal de água. Ademais, a natureza química dos sais



introduzidos pelas atividades humanas pode ser diferente daquela que ocorre naturalmente; por exemplo, teores mais elevados de potássio em relação a sais de sódio.

A salinidade crescente pode provocar estresse em alguns organismos de água doce, afetando a função metabólica e os níveis de saturação de oxigênio. Pode também alterar a vegetação ribeirinha e emergente, afetar as características das terras úmidas e pântanos naturais, diminuir o habitat de algumas espécies aquáticas e reduzir a produtividade agrícola e de certos cultivos (CARR & NEARY, 2008).

V. Acidificação

O pH (potencial de hidrogênio) é a referência para a determinação do nível de acidez de um meio. O pH de diferentes ecossistemas aquáticos determina a saúde e as características biológicas deles. Uma gama de atividades industriais, com destaque para a mineração e a produção de energia a partir de combustíveis fósseis, pode provocar acidificação localizada em sistemas de água doce (Figura 14). Chuva ácida, causada predominantemente pela interação de emissões da combustão de combustíveis fósseis e processos atmosféricos, pode afetar grandes regiões. A acidificação afeta desproporcionalmente organismos mais jovens que tendem a ser menos tolerantes ao baixo pH.

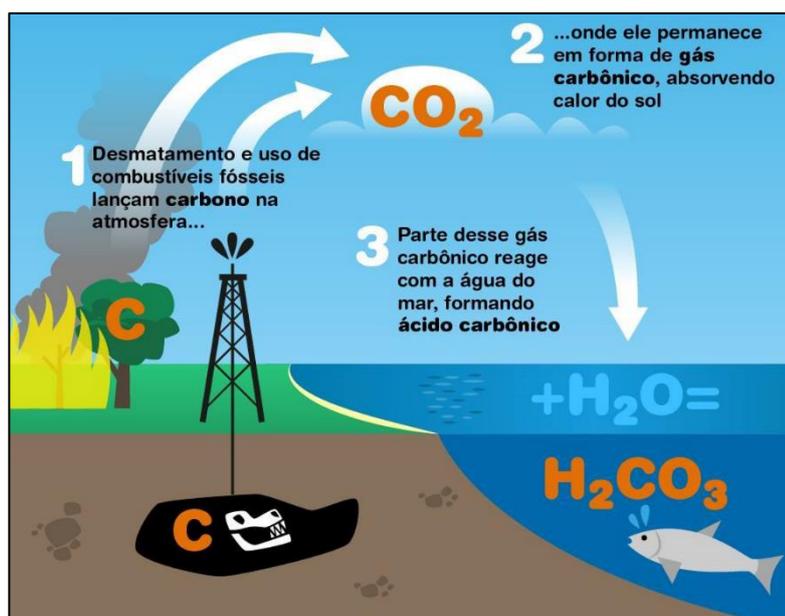


Figura 14. Processo de acidificação de recursos hídricos superficiais (Fonte de imagem: Patrulha Ambiental Itinerante).

VI. Organismos Patogênicos

Estes organismos representam uma das principais ameaças à saúde humana no planeta. Os maiores riscos de contaminação microbiana vêm do consumo de água contaminada com agentes patogênicos provenientes de fezes humanas ou animais (CARR & NEARY, 2008). Além dos micro-organismos introduzidos nas águas pela contaminação fecal humana ou animal, existem diversos micro-organismos patogênicos que, uma vez introduzidos, são capazes de colonizar novos ambientes. Estes micro-organismos patogênicos, como algumas espécies bacterianas e alguns tipos de ameba, podem provocar gravíssimos problemas de saúde nas pessoas expostas, causando, inclusive, infecções intestinais, encefalite amebiana, meningite amebiana, podendo levar a óbito (OMS, 2008).

VII. Contaminantes químicos e toxinas

Há uma diversidade de contaminantes orgânicos produzidos pelo homem que podem ser carregados para as águas superficiais e subterrâneas, provocando contaminação desses recursos hídricos, em consequência de atividades humanas, entre elas o uso de agrotóxicos e processos industriais, bem como resultantes da decomposição de produtos químicos (CARR & NEARY, 2008). Muitos desses poluentes, incluindo agrotóxicos e outras toxinas não metálicas, são largamente utilizados em todo o mundo, persistem no meio ambiente e podem ser transportados por longas distâncias até regiões nas quais nunca foram produzidos (PNUMA, 2009).

IMPACTOS DA ATIVIDADE AGRÍCOLA

Conforme já citado, as atividades agrícolas contribuem significativamente para as cargas de poluentes hídricos. Águas de escoamento agrícola muitas vezes contêm contaminantes como nitrogênio, fósforo, agrotóxicos e sedimentos, que acometem tanto águas superficiais quanto subterrâneas. Diversas atividades relacionadas à agricultura possuem impactos negativos na qualidade da água (Tabela 4).



Tabela 4. Impactos das atividades agrícolas sobre a qualidade da água (FAO, 1996).

Atividades agrícolas	Impactos
Aração/gradeação	Sedimentos/turbidez: sedimentos carregam fósforo e agrotóxicos absorvidos em partículas de sedimento; assoreamento de leitos de rios e perda de habitat, áreas de desova, etc.
Adubação	Escoamento superficial de nutrientes, especialmente fósforo, levando à eutrofização e provocando alterações de sabor e odor na água de abastecimento público; proliferação de algas, levando à desoxigenação da água e à mortalidade de peixes.
Espalhamento de estrume	Realizado como atividade de adubação; espalhamento em terreno gelado resulta em altos níveis de contaminação das águas por agentes patogênicos, metais, fósforo e nitrogênio, que levam à eutrofização e à contaminação potencial. Ademais, a aplicação de estrume pode disseminar antibióticos e outros produtos farmacêuticos administrados a animais.
Agrotóxicos	Escoamento superficial de agrotóxicos, provocando contaminação da água superficial e da biota; disfunção do sistema ecológico nas águas superficiais pela perda dos principais predadores devido à inibição de crescimento e ao fracasso reprodutivo; impactos sobre a saúde humana pela ingestão de peixes contaminados. Agrotóxicos são propagados em forma de pó pelos ventos por longas distâncias e contaminam sistemas aquáticos a milhares de quilômetros de distância (ex.: agrotóxicos tropicais/ subtropicais encontrados em mamíferos do Ártico).
Confinamento de animais/currais	Contaminação da água superficial por muitos agentes patogênicos (bactéria, vírus etc.), levando a problemas crônicos de saúde. Também contaminação por metais, antibióticos e outros compostos farmacêuticos contidos na urina e nas fezes.
Irrigação	Escoamento superficial de sais, provocando a salinização das águas superficiais; escoamento superficial de fertilizantes e agrotóxicos às águas superficiais, provocando danos ecológicos, bioacumulação de espécies de peixes comestíveis etc. Altos níveis de elementos traço como selênio podem ocorrer, provocando graves danos ecológicos e potenciais impactos sobre a saúde humana.
Corte raso de florestas	Erosão do terreno, levando a altos níveis de turbidez dos rios, assoreamento do habitat bentônico etc. Deturpação e alteração do regime hidrológico, muitas vezes com perda de riachos perenes, provocando problemas de saúde devido a perdas de água potável.
Silvicultura	Ampla gama de efeitos: escoamento superficial de agrotóxicos e contaminação de água superficial e peixes; problemas de erosão e sedimentação.
Aquacultura	Liberação de agrotóxicos e altos níveis de nutrientes para as águas superficiais e subterrâneas, pela ração e pelas fezes, levando a sérios problemas de eutrofização.

CONSERVAÇÃO

O cuidado com as águas superficiais, para conservá-las em uma condição adequada para a sustentabilidade da vida e para os diversos usos, envolve uma abordagem sistêmica e um conjunto de condutas nos ambientes públicos e privados, sendo necessário que cada pessoa se conscientize de sua corresponsabilidade e coopere no que estiver ao seu alcance, seja em sua moradia ou fora dela. A seguir, estão elencadas as principais formas de contribuir para a conservação desses recursos.

CAPTAÇÃO LEGAL

A captação de recursos hídricos para as atividades industriais e agropecuárias, ou até mesmo para o consumo doméstico, pode provocar a alteração das condições naturais de vazão das águas superficiais. Como forma de controle e de gestão desse recurso, **a captação de água de rios, córregos, lagos, nascentes e similares, necessita de autorização do órgão ambiental.** No caso do Paraná, o Instituto Água e Terra é responsável pela emissão dessa autorização, denominada de **outorga**.

A outorga é o ato administrativo que expressa os termos e as condições mediante as quais o Poder Público permite o uso de recursos hídricos por um prazo determinado. Direciona-se ao atendimento do interesse social e tem por finalidades assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e disciplinar o exercício dos direitos de acesso à água. Dependendo das características do empreendimento, este poderá necessitar de outorga ou de cadastro de uso insignificante de água.

A captação de água superficial sem outorga ou cadastro de uso independente pode ser enquadrado como infração ambiental e estará sujeito a multa. Para maiores informações de como requerer a outorga, acesse o website:

<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Outorga-de-Recursos-Hidricos>

ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

Segundo a Lei Federal nº 12.651 de 2012 que instituiu o novo Código Florestal, **as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente devem ser preservadas.** O tamanho das Áreas de Preservação Permanentes varia a partir da largura dos cursos d'água (Figura 15). Essas áreas são destinadas



a proteger o solo e, principalmente, as matas ciliares. Este tipo de vegetação cumpre a função de proteger os rios e reservatórios de assoreamentos, evitar transformações negativas nos leitos, garantir o abastecimento dos lençóis freáticos e a preservação da vida aquática.

A possibilidades de ocupação de uma APP pode ser regularizada em apenas 3 casos: (i) empreendimento de utilidade pública; (ii) em caso de interesse social e (iii) em caso de baixo impacto. É possível ainda, conforme o Art. 64 do Novo Código Florestal, a regularização fundiária dos núcleos urbanos informais que ocupam Áreas de Preservação Permanente, desde que seja feito o estudo que, entre outras informações, apresente proposição de intervenções para a prevenção e o controle de riscos geotécnicos e de inundações.

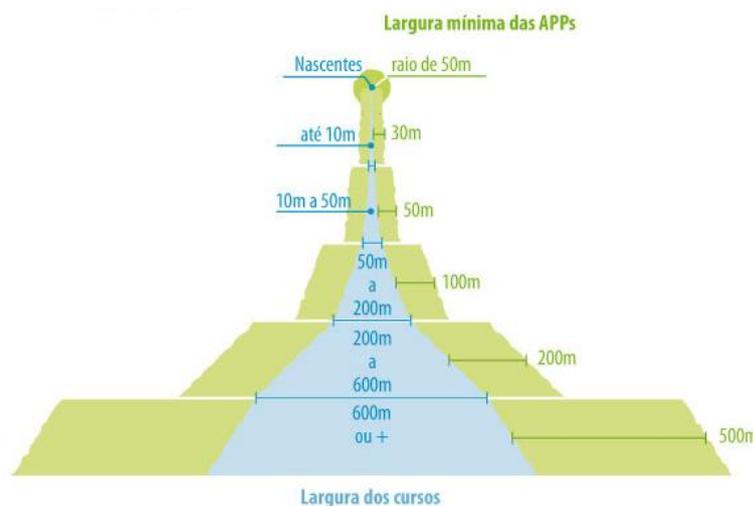


Figura 15. Área de Proteção Permanente (APP) obrigatória para às margens de cursos hídricos (Fonte: Senado Federal).

A ocupação às margens de cursos hídricos pode desencadear diversos transtornos para a população. Essas regiões possuem a tendência de alagamento, principalmente em épocas de chuvas intensas. Além disso, a construção de infraestruturas, sem o estudo adequado, pode comprometer a vegetação das matas ciliares. Segundo o Ministério Público do Paraná, a vegetação existente ao longo dos



rios funciona como um obstáculo natural ao escoamento das águas, que ficam retidas e são absorvidas, em grande parte, pela mata, evitando a erosão dos leitos e, conseqüentemente, movimentos de massa.

CONTROLE DE POLUENTES

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018), a produção pecuária oferece risco sanitário de contaminação microbiológica das águas através dos dejetos. Os animais podem excretar agentes patogênicos e, se os processos de destinação não forem realizados de forma adequada, os microrganismos podem infectar seres humanos. Como forma de proteger as comunidades, **os dejetos pecuários devem ser destinados corretamente, preferencialmente para adubação ou geração de energia.**

A agricultura, como já mencionada, também é uma atividade potencialmente poluidora dos cursos hídricos. Efluentes agrícolas podem conter produtos químicos como fertilizantes (ricos em nitritos e nitratos), pesticidas, que degradam a qualidade das águas superficiais. Segundo Resende (Embrapa/2002), a primeira etapa de um programa de controle da contaminação de água por nitrato consiste no levantamento e monitoramentos das áreas afetadas. **O controle de poluentes da agricultura pode ser realizado através da diluição, fervura, desinfecção, deionização, destilação ou osmose da água antes do seu descarte.** Além disso, é essencial a construção adequada das instalações agrícolas, o controle da erosão e manejo de solo e o correto dimensionamento da adubação e da época de aplicação.

O controle de poluentes domésticos também é imprescindível para a manutenção e sustentabilidade dos sistemas hídricos. Apesar de grande parte da zona rural paranaense não apresentar um sistema de tratamento de esgoto, a população deve implementar estratégias para o controle desses poluentes. Calgaro *et al.* (2020) citam alguns sistemas de tratamento de esgoto doméstico adaptáveis à realidade do produtor rural desenvolvidas pela Embrapa: **Fossa Séptica Biodigestora, Clorador Embrapa e Jardim Filtrante. Além disso, biodigestores e tratamento a partir de zona de raízes são alternativas mais próximas da realidade rural.**

ENVOLVIMENTO E COMPROMETIMENTO

O envolvimento das comunidades e usuários dos recursos hídricos é imprescindível para a manutenção e sustentabilidade dos sistemas. O consumo consciente e a participação nos comitês de bacia

devem ser incentivados pelas instituições públicas e privadas na tentativa de abordar os desafios e elaborar planos de ação na gestão dos recursos hídricos.

Além disso, qualquer cidadão pode denunciar crimes ambientais que envolvam poluição, despejo de resíduos e detritos, desmatamento de APP ou qualquer irregularidade.



Figura 16. Em caso de irregularidades ambientais, denuncie (Fonte de imagem: CREA)

Disque Denúncia: <http://www.181.pr.gov.br/>

Ouvidoria IAT: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Fale-Conosco>

Ouvidoria SANEPAR: <http://site.sanepar.com.br/clientes/ouvidoria>

MONITORAMENTO

Para subsidiar as ações de conservação da qualidade das águas, frente às atividades potencialmente poluidoras, a Sanepar desenvolveu um sistema de monitoramento da qualidade da água por meio de uma grande rede de estações espalhadas por todas as bacias hidrográficas do Paraná.

Em relação aos recursos hídricos, o Estado do Paraná possui uma rede de monitoramento da qualidade das águas é composta por 164 estações (tabela 5), distribuídas ao longo dos cursos de rios e bacias hidrográficas.



Tabela 5. Estações de monitoramento da qualidade das águas (Fonte de dados: Sanepar).

Baciais	Estações
Bacia do Cinzas	5
Bacia do Iguaçu	95
Bacia do Itararé	2
Bacia do Ivaí	11
Bacia Litorânea	13
Bacias do Paraná	4
Bacias do Paranapanema	1
Bacia do Piquiri	8
Bacia do Pirapó	1
Bacia do Ribeira	8
Bacia do Tibagi	16

Além disso, é possível verificar o Índice de Qualidade da Água (IQA) nos pontos de monitoramento através da plataforma do IAT:

<https://geo.iat.pr.gov.br/portal/apps/opsdashboard/index.html#/3543e8d8d6284e8fb1d62abdfb0f1895>

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As águas subterrâneas são formadas pelo excedente das águas de chuvas que percorrem camadas abaixo da superfície do solo e preenchem os espaços vazios entre as rochas. Essas formações geológicas permeáveis são chamadas de aquíferos e são classificadas em três tipos: fraturado (fissural), poroso e cárstico (Figura 17). Dessa forma, os aquíferos são uma reserva de água embaixo do solo, abastecida pela chuva, e funciona como uma espécie de caixa d'água que alimenta os rios.



No Brasil, os aquíferos contribuem para que boa parte dos rios brasileiros seja perene, ou seja, não sequem no período da estiagem. Por serem relativamente abundantes, compondo uma parcela significativa da água potável utilizada para consumo humano, agricultura e outros fins, o acompanhamento das condições das águas subterrâneas é muito importante.

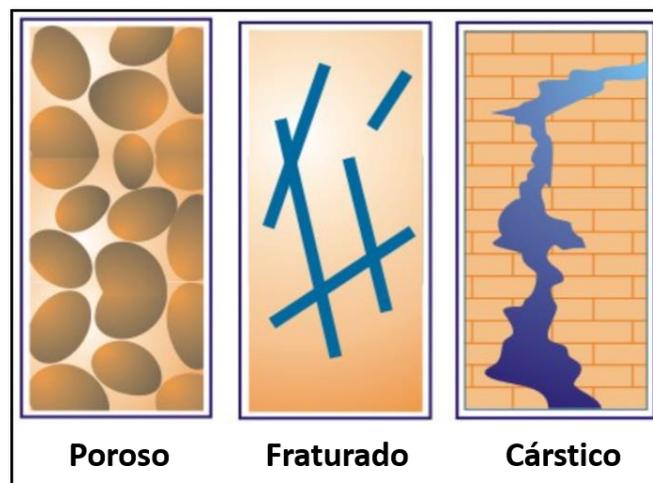


Figura 17. Esquema ilustrativo dos tipos de aquíferos (Fonte de imagem: Kelly Alberto).

No Paraná, existem diversas unidades aquíferas, distribuídas ao longo de todo território estadual (Figura 18 e 19). Segundo a Sanepar (2015), cerca de 21% da água tratada, fornecida pela empresa, provém das águas subterrâneas. O aquífero que oferece maior contribuição é o Serra Geral, que responde por 55% dos 153 milhões de metros cúbicos extraídos pela Sanepar, seguido do Caiuá (15%), Karst (13%), Guarani (7%), Paleozoico (7%) e Pré-Cambriano (Cristalino).

Na Associação de Municípios dos Campos Gerais, estão presentes 5 das 11 unidades aquíferas do Paraná, sendo elas: Karst, Pré-Cambriana (Cristalino), Paleozoica Inferior, Paleozóica Média Superior, Paleozóica Superior.

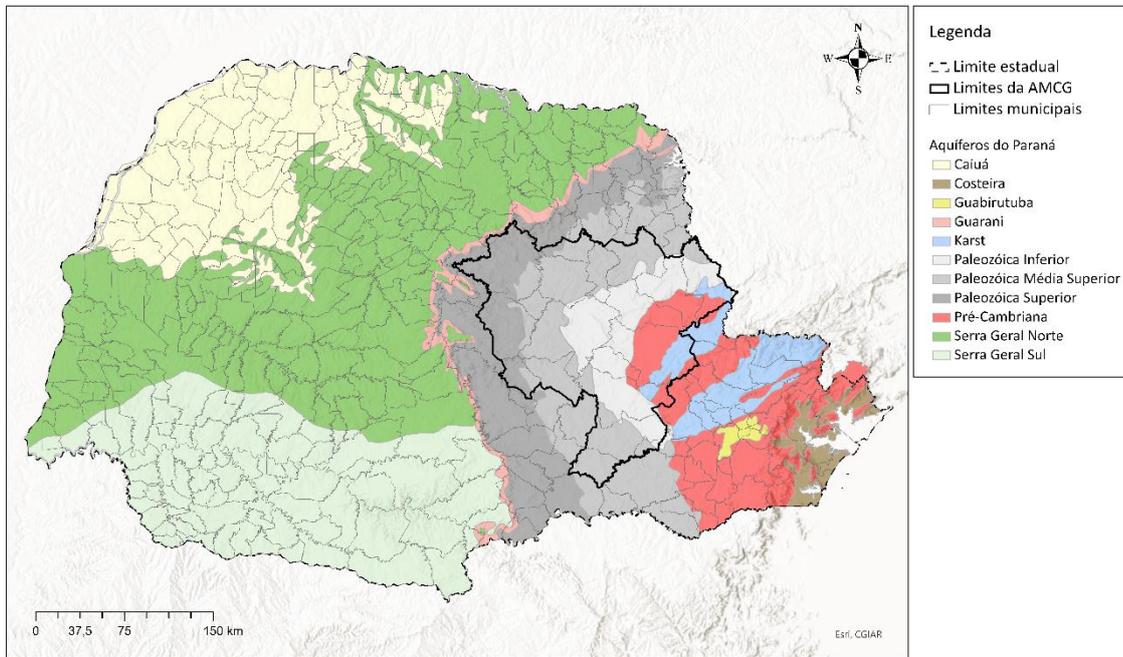


Figura 18. Unidades Aquíferas do Paraná, destaque para a Associação de Municípios dos Campos Gerais (Fonte de dados: Águas Paraná).

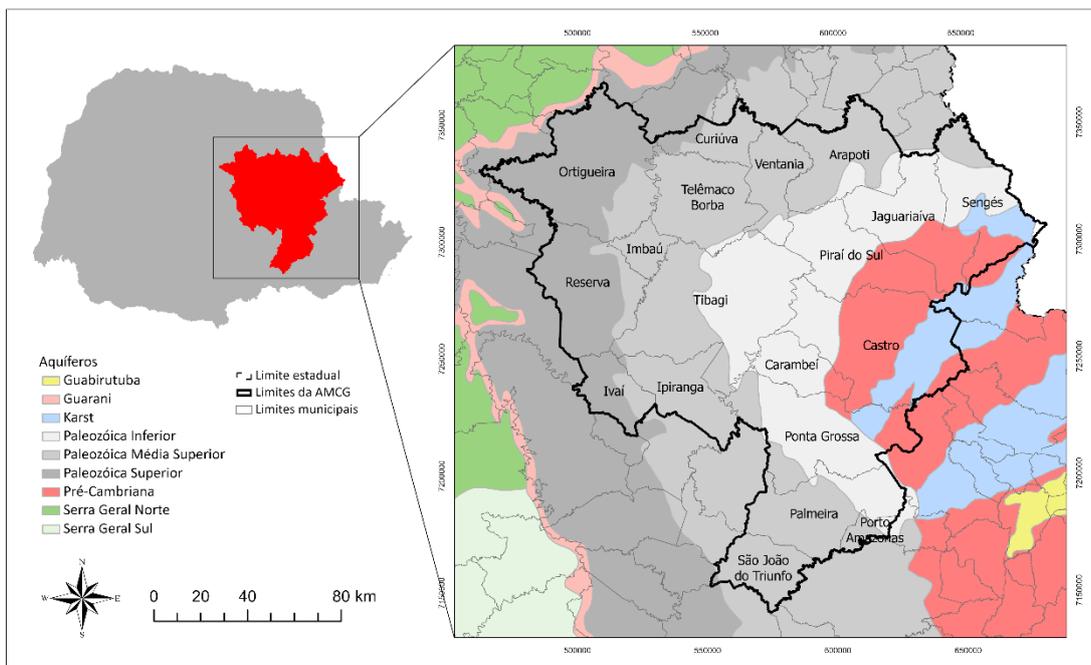


Figura 19. Unidades Aquíferas da Associação de Municípios dos Campos Gerais (Fonte de dados: Águas Paraná).

AQUÍFERO PRÉ-CAMBRIANO (CRISTALINO)

O Embasamento Cristalino compreende um megacinturão formado no final do Pré-Cambriano (todo período anterior a 545 milhões de anos), pela colisão de blocos continentais e microcontinentais. Formado por rochas ígneas e metamórficas, essa região é localmente recoberta por sequências vulcano-sedimentares, sedimentares e sedimentos inconsolidados.

As rochas onde a Unidade Aquífera está armazenada são classificadas como migmatitos, granitoides, gnaisses e metassedimentos do Complexo Pré-Setuva, Grupo Setuva e Grupo Açungui. Essas rochas afloram em mais de 13.000 km² na região leste do Paraná, no Primeiro Planalto Paranaense. Em termos de qualidade, as águas desse aquífero não apresentam restrições para o consumo humano. As águas captadas em fraturas de migmatitos e gnaisses geralmente são classificadas como bicarbonatadas cálcicas.

A recarga natural do Aquífero Pré-Cambriano se dá em decorrência das chuvas, que escoam através das camadas de rocha alterada e zonas fissuradas, sendo, dessa forma, armazenada. Geralmente, a baixa transmissividade desse aquífero e a ausência de fluxos de água em escala regional, condiciona a formação de unidades independentes, existindo aí um regime de escoamento próprio, sem relacionar-se a áreas relativamente distantes, constituindo o escoamento básico de rios e riachos que drenam esses vales.

AQUÍFERO KARST

O Karst é a designação utilizada para terrenos sobre formações calcárias com a incidência de dolinas, rios subterrâneos e cavernas, fruto da dissolução das rochas. As rochas metassedimentares do karst, em termos geológicos, pertencem a Formação Capiru do Grupo Açungui. Essas rochas de idade Proterozoica são classificadas como metacalcários de composição dolomítica e estão aflorantes em mais de 5.700 km² no estado do Paraná.

Segundo Oliveira (1997), o relevo do karst tem como principal característica uma drenagem vertical de fendas, condutos e cavernas, com quase ausência de cursos de água superficiais. A dissolução é comandada pela percolação de águas provindas da superfície, de caráter necessariamente ácido, por conter ácido carbônico e/ou ácidos da decomposição de matéria orgânica como: os húmicos, o tânico e o fúlvico. Consequentemente, o processo de dissolução nas rochas carbonáticas cria cavidades em seu



interior. Neste contexto, os colapsos de solo e rocha e as subsidências, são decorrentes do estágio de evolução do modelado cárstico, e do grau de dissolução da rocha, ligados à evolução de cavidades no subsolo, que podem trazer riscos e prejuízos econômicos e até mesmo perdas de vidas humanas, quando estas áreas são ocupadas.

Nos terrenos onde há o afloramento do karst, colapsos de solo e rocha são frequentes, naturais e podem ser induzidos por efeitos antrópicos. Os colapsos geram estruturas circulares em forma de cratera (Figura 20), com seção lateral de tronco invertido, sua ocorrência se processa mesmo sem sinais prévios podendo causar acidentes geológicos.

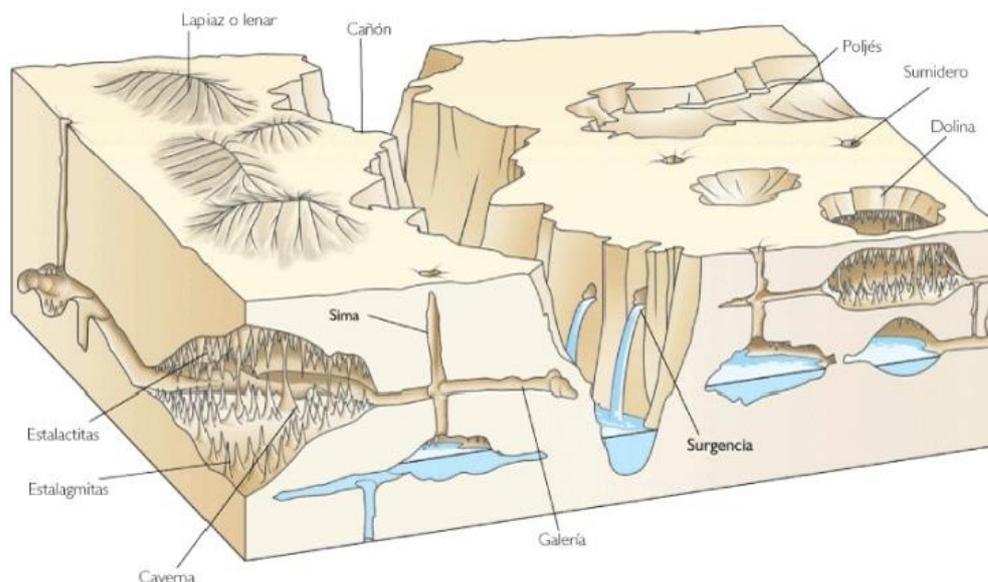


Figura 20. Estruturas formadas em região de rochas calcárias e a formação de aquíferos do tipo karst (Fonte de Imagem: UNESP).

No estado do Paraná o Aquífero Karst representa 2,87% do território com potencial hidrogeológico de 8,9 L/s/km² (SUDERHSA, 2007). Ele abrange os municípios da região norte de Curitiba.

AQUÍFERO PALEOZOICO

O Paleozoico é o período de tempo geológico entre 542 milhões e 251 milhões de anos, idade da formação das rochas que se comportam como Unidade Aquífera e afloram em cerca de 22% da área do

Estado do Paraná, estando localizadas no Segundo Planalto Paranaense. As unidades litoestratigráficas paleozoicas correspondem às unidades basais da Bacia do Paraná e são compostas por rochas sedimentares clásticas (arenitos, siltitos, folhelhos e argilitos) e raras ocorrências de calcários e margas. As rochas desse aquífero compreendem as formações Furnas, Ponta Grossa, Rio do Sul, Mafra, Campo do Tenente, Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rastro.

Segundo *Ramos et al.* (2013), a Unidade Aquífera Paleozoica Inferior cobre, no Paraná, uma superfície de aproximadamente 7.000 km², numa faixa que compreende uma extensão desde Campo Largo-Porto Amazonas até o rio Itararé, compreendendo as formações Furnas e Ponta Grossa. A Formação Furnas, com uma espessura da ordem de 300 m, é composta majoritariamente por arenitos, essas rochas apresentam-se tão consolidadas que a ocorrência da água subterrânea está associada mais às estruturas tectônicas do que propriamente à sua porosidade primária. Em contrapartida, a Formação Ponta Grossa não se constitui aquífero devido às características das rochas, predominantemente constituída por folhelhos que apresentam baixa condutividade hidráulica. Essas rochas ocorrem interligadas com os arenitos do aquífero Furnas e, quase sempre, funcionam como camadas confinantes do aquífero Furnas.

A Unidade Aquífera Paleozoica Média-Superior, formada pelos aquíferos Rio Bonito e Itararé, ocupa uma área em torno de 19.500 km². O índice pluviométrico varia de 1.300 a 1.400 mm/ano. É constituída principalmente pelas litologias do aquífero Itararé representado por camadas de arenitos que se encontram intercaladas com diamictitos, argilitos e folhelhos (ASSINE, 1996).

As unidades geológicas representadas pelas formações Irati, Serra Alta, Palermo, Terezina e Rio do Rasto, do Paleozoico Superior, não são classificadas como aquíferos. A área ocupada por esta unidade aquífera é de aproximadamente 17.100 km² (RAMOS *et al.*, 2013).

VULNERABILIDADE

Os aquíferos, por sua natureza são mais protegidos quanto à contaminação do que as águas superficiais. No entanto, como esses depósitos de recurso hídrico não são visíveis, chamam menos atenção dos órgãos gestores e da sociedade como um todo.

Assim, a exploração da água subterrânea tem que observar a proteção dos aquíferos durante a fase de perfuração e operação dos poços. Deve-se atentar também ao perímetro de proteção dos poços, ao equilíbrio regional do aquífero quanto às recargas e descargas e aos limites outorgados pelo poder público.

Não se pode considerar que a simples “proteção conferida pela natureza a um aquífero” seja suficiente para mantê-lo qualitativamente adequado. Como já foi lembrado, tanto um projeto, como uma construção e ainda uma operação inadequada podem comprometer não somente a estrutura de produção como ainda afetar o próprio aquífero.

Desta maneira a política de proteção ao meio em que se localiza o poço tubular profundo deve ser objeto de avaliação constante, não somente quanto ao manejo do mesmo e dos seus equipamentos associados, mas também se deve ater a proteção de seu entorno, observando-se possíveis fontes de contaminações.

Os aquíferos são patrimônio de toda a sociedade. Todos os que os exploram, seja para abastecimento público, atividades comerciais, industriais, agrícolas ou turísticas, devem atuar com responsabilidade, garantindo sustentabilidade, por meio da extração condizente com a capacidade de oferta. Além disso, os usuários e agentes concessionários devem assegurar a devida proteção ambiental para toda área de influência do aquífero para que seja evitada a contaminação do recurso hídrico (Figura 21).

Um recurso hídrico contaminado é quando a água possui organismo patogênicos, substâncias tóxicas e/ou radioativas, em teores prejudiciais à saúde do homem. Assim, toda água contaminada é poluída, mas nem toda água poluída (desde que não afete a saúde do homem) é contaminada. De acordo com a classificação estabelecida pelo Office of Technology Assessment (OTA) do Congresso dos EUA, modificada por Fetter (1993), é possível distinguir as seguintes fontes de contaminação:

- I. **Fontes projetadas para recepção de substâncias:** fossas sépticas, poços de injeção, aplicação no solo como fertilizantes, nitrogênio, fósforo.
- II. **Fontes projetadas para reter substâncias durante transporte:** vazamento de oleodutos, gasodutos, acidentes com caminhões, trens, etc.
- III. **Fontes produtoras de substâncias em virtude de outra substância:** irrigação, aplicação de pes-



ticida, fertilizantes, etc.

- IV. **Fontes projetadas para armazenar, tratar ou receber substâncias:** aterros sanitários, valas abertas, resíduos de mineração, etc.
- V. **Fontes que podem atuar como condutoras da água contaminada:** poços produtores (óleo, gás, energia geotérmica), poços mal construídos, poços escavados, etc. Contaminação de águas subterrâneas por fossa séptica.
- VI. **Fontes naturais cuja descarga é criada pela atividade humana:** interações da água superficial e subterrânea, lixiviação natural, etc.

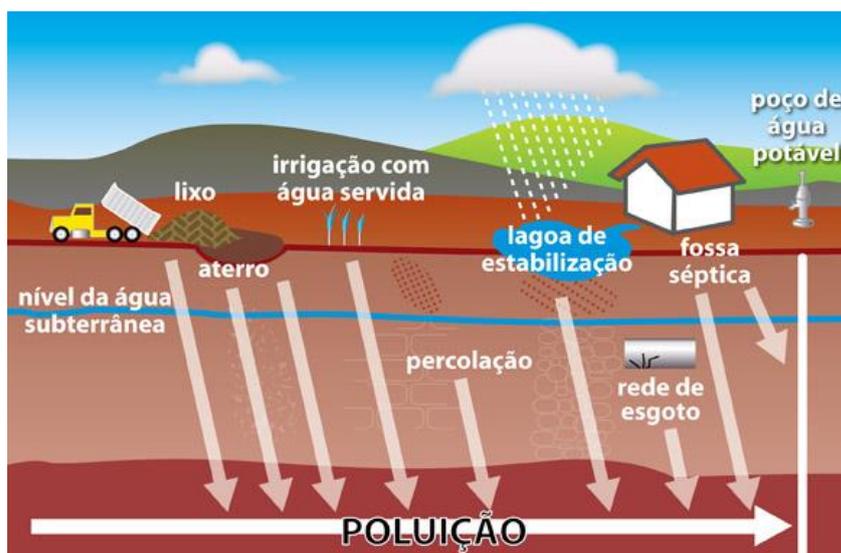


Figura 21. Fontes de poluição e contaminação de aquíferos (Fonte de imagem: DAE/Bauru/SP).

CONSERVAÇÃO

A conservação dos recursos hídricos subterrâneos, em prol da manutenção dos aquíferos, é de extrema importância para a sustentabilidade socioambiental das comunidades. A grande maioria dos municípios do Paraná depende direta e indiretamente da captação de água por poços. As ações em defesa desse recurso natural devem partir de agentes tanto públicos quanto privados, através de uma abordagem

sistêmica e um conjunto de condutas A seguir, estão elencadas as principais formas de contribuir para a conservação desses recursos.

CAPTAÇÃO LEGAL

Segundo a Lei nº 9.433/1997, conhecida como Lei das Águas, a água é um bem de domínio público, ou seja, caso uma pessoa tenha interesse em fazer uso de águas superficiais ou subterrâneas, esta deve solicitar uma autorização ao Poder Público. No Paraná, o Instituto Água e Terra é responsável pela emissão dessa autorização, denominada de **outorga**.

O procedimento para captação de água subterrânea envolve duas etapas: A Anuência Prévia, que é a autorização para perfurar o poço e deve ser solicitada antes da perfuração; Outorga de Direito ou Cadastro de Uso Insignificante, que são autorizações para o uso do recurso hídrico.

Após o recebimento do documento de Anuência Prévia e até 60 dias depois de executada a obra de perfuração do poço, deverá ser solicitada a outorga de direito de uso ou cadastro de uso insignificante. A solicitação destes processos deve ser feita antes de iniciar a utilização da água, e o interessado deverá aguardar a manifestação positiva do Instituto Água e Terra por meio da emissão da Portaria de outorga de direito de uso ou cadastro de uso insignificante para iniciar o uso do recurso hídrico seguindo as regras de utilização estabelecidas pelo órgão. Para maiores informações de como requerer a outorga, acesse o website:

<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Outorga-de-Recursos-Hidricos>

CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL DE POÇOS

Segundo o Instituto Água e Terra, o poço tubular, conhecido popularmente como poço artesiano, é uma obra complexa de engenharia destinada à captação subterrânea nos diversos aquíferos, requerendo cuidados e critérios para sua perfuração, conforme orientação apresentada a seguir:

- Análise da área (estudo hidrogeológico) que deverá ser realizada por geólogo para avaliar a viabilidade técnica quanto a perfuração do poço tubular com projeto construtivo de acordo com a ABNT;



- A empresa contratada para a construção do poço tubular deverá seguir as normas técnicas da ABNT e estar devidamente registrada no CREA (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) com certidão em vigor e profissional habilitado em seu quadro técnico;
- Exija sempre um contrato de trabalho, onde deverão constar todas as etapas discriminadas do serviço a serem realizados. O contrato servirá de garantias para as partes, assegurando os direitos e deveres de cada parte.
- Para perfuração do poço tubular, no caso do Estado do Paraná, é exigido registro junto a Instituto Água e Terra, visando a obtenção da respectiva anuência prévia (licença) e posterior outorga de direito de uso da água;
- Deverá ser apresentado ao Instituto Água e Terra um relatório conclusivo, onde deverão constar os seguintes itens: localização, perfil de sondagem, perfil das características construtivas e hidráulicas, gráficos com condições de exploração, análise físico-química e bacteriológica e outorga de uso.

O cumprimento destas exigências garantirá sua segurança quanto a qualidade do seu poço, bem como a preservação das águas subterrâneas em geral.

CONTROLE DE POLUENTES

A contaminação dos aquíferos é algo cada vez mais recorrente e ocorre por inúmeras fontes poluidoras, conforme já abordado no tópico de Vulnerabilidade. A agropecuária, a indústria, a mineração, os postos de combustível e até o próprio meio urbano, quando não gerenciados adequadamente, podem alterar as características do reservatório e inviabilizar o consumo humano do recurso hídrico.

No setor agropecuário, o cultivo com agroquímicos, a irrigação, os dejetos pecuários e os efluentes devem ser planejados e acompanhados por técnicos responsáveis. O monitoramento, tanto pelo empreendedor, quanto pelos órgãos ambientais, deve ser realizado de forma constante. Além disso, a fiscalização pode ser uma boa estratégia do poder público como primeiro passo no controle de poluentes.

Na mineração, os efluentes, os lagos e os aterros de rejeitos, quando não corretamente gerenciados, são os grandes agentes causadores de contaminação e rebaixamento dos aquíferos. O aumento da acidez, das concentrações de metais, sulfatos e até mercúrio podem causar danos irreversíveis na qualidade das águas subterrâneas. Nesse sentido, **como forma de evitar desastres ambientais, o projeto minerário deve apresentar planejamento de lavra, todas as licenças ambientais emitidas pelos**

órgãos públicos responsáveis, além de ter o acompanhamento, do início ao fim, de um geólogo ou engenheiro de minas.

A contaminação de água subterrânea nos centros urbanos ocorre com bastante intensidade em todo o Brasil. A falta de saneamento básico, vazamento de redes de esgoto, lixões e aterros sanitários contribuem para a poluição bacteriológica e físico-química dos aquíferos. Essas atividades essenciais para manutenção dos centros urbanos devem receber maior atenção do poder público e das empresas envolvidas no gerenciamento desses setores. **O monitoramento, fiscalização e planejamento a longo prazo são de extrema necessidade em todos os centros urbanos.**

Os vazamentos em postos de combustíveis são uma crescente ameaça a sustentabilidade das águas subterrâneas. Esta atividade pode contribuir com a contaminação da reserva hídrica por hidrocarbonetos em geral e com os chamados BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno). Segundo a BrasilPostos, **as medidas de controle de vazamento em postos de combustível envolvem: testes adequados no sistema, monitoramento do volume dos tanques, realização de manutenções regulares e recursos de contenção de vazamentos.** Além disso, as licenças ambientais são imprescindíveis para a operação desse serviço.

ENVOLVIMENTO E COMPROMETIMENTO

Conforme já pontuado no tópico de águas superficiais, o envolvimento das comunidades e usuários dos recursos hídricos também é imprescindível para a manutenção e sustentabilidade dos sistemas. O consumo consciente e a participação popular na conservação dos recursos devem ser incentivados pelas instituições públicas e privadas na tentativa de abordar os desafios e elaborar planos de ação na gestão dos recursos hídricos.

Além disso, qualquer cidadão pode denunciar crimes ambientais que envolvam perfuração e captação ilegal, vazamentos ou poluição em geral:

Disque Denúncia: <http://www.181.pr.gov.br/>

Ouvidoria IAT: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Fale-Conosco>

Ouvidoria SANEPAR: <http://site.sanepar.com.br/clientes/ouvidoria>

MONITORAMENTO

O monitoramento de poços de captação de água subterrânea (Figura 22) pode ser:

Mensal: sonda manual, durante doze meses, contado a partir do início da operação de cada poço.

Semestral: sonda manual, a partir do décimo terceiro mês de operação do poço.

Contínuo: sonda com transdutor de pressão e registrador automático. Usado para monitorar poços com altas vazões e interferências entre poços.

Em atendimento à Política Ambiental, que estabelece entre outros compromissos o de conservar os recursos hídricos, a Sanepar implantou, em 1998, o Plano de Monitoramento Quantitativo e de Avaliação das Condições de Exploração dos Poços em Operação. O monitoramento constante de poços (Figura 23) possibilita definir, com maior precisão e confiabilidade, as reservas disponíveis e os volumes que podem ser extraídos sem comprometer cada um dos mananciais.



Figura 22. Medidores de nível dinâmico de aquíferos, medidor manual (esquerda), medidor automático (direita). (Fonte de imagem: Sanepar)

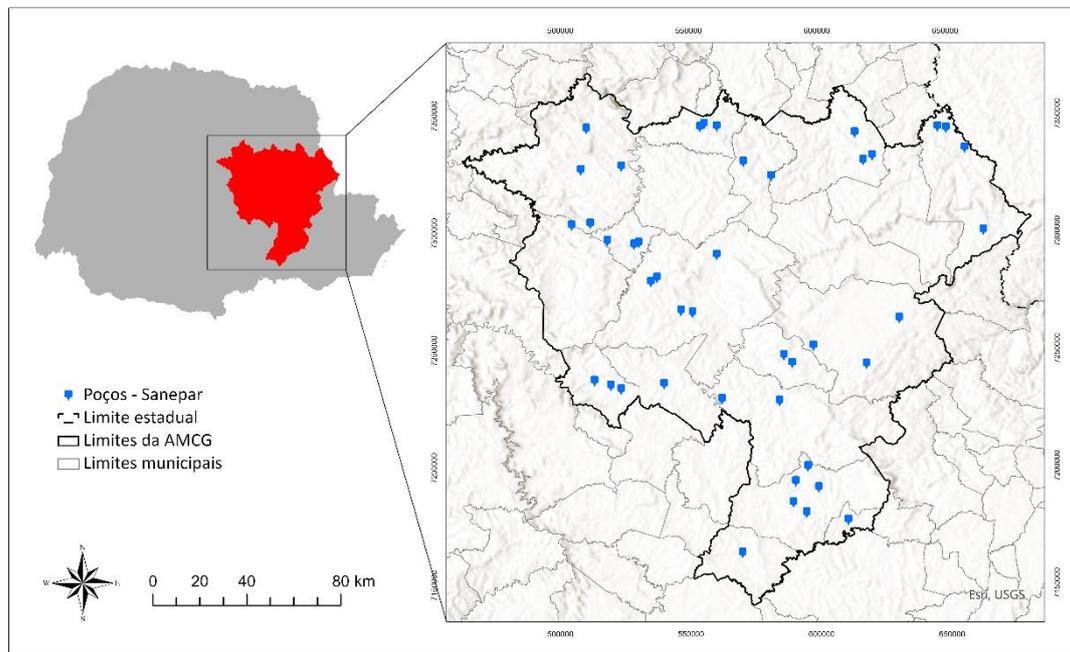
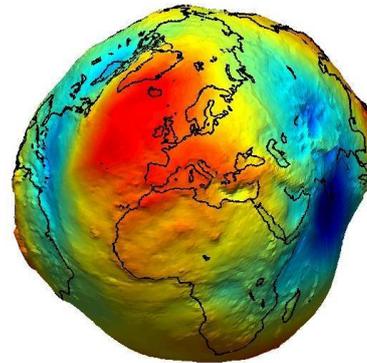


Figura 23. Poços de monitoramento em operação (Fonte de dados: Sanepar).



CAPÍTULO II - TERRA

Desde o latim, a palavra *terra* já continha em si os diversos significados que o termo mantém ainda hoje no português. Além de dar nome ao único planeta contendo vida na existência do imensurável universo, significa tudo que faz oposição às águas ou toda a camada sólida da superfície terrestre, onde se proliferam as plantas e animais, assim como toda a civilização humana.



(*Figura 24. Modelo físico da forma da Terra (Fonte de imagem: Redecol).*

Quando nos referimos ao planeta Terra, estamos falando do terceiro astro sem luz própria que orbita ao redor do Sol, sendo o quinto maior do Sistema Solar. Sua forma é praticamente esférica, com uma deformação que causa um achatamento dos polos, porém, segundo um modelo físico da forma da Terra, o planeta tem o formato de um **geóide** (Figura 24) constantemente transformado e remodelado pelas forças endógenas (internas) e exógenas (externas). Essas forças, assim como a própria origem e composição da Terra e do Sistema Solar, são estudadas e dimensionadas pela Geologia, estudo da Terra.

GEOLOGIA

O termo geologia é originado das palavras gregas “Terra” e “Conhecimento”, sendo cunhado por filósofos científicos há mais de 200 anos atrás para descrever rochas e fósseis. Atualmente, a geologia compreende uma disciplina de ciências da Terra que estuda todos os aspectos do planeta, história, composição e estrutura interna e suas feições de superfície (GROTZINGER & JORDAN, 2014).

O conhecimento geológico, muitas vezes negligenciado, é de extrema importância para o **desenvolvimento sustentável** de municípios. Todas as obras de infraestrutura e desenvolvimento (hidrelétricas, barragens, túneis, grandes indústrias, aeroportos) devem apresentar laudos geológicos do solo, das rochas, dos sedimentos e dos aquíferos, como forma de amenizar e prever impactos ambientais. Além disso, a geologia, como ciência, representa um alicerce na economia municipal. Através do estudo de **viabilidade minerária**, o estudo geológico de determinada área pode localizar e auxiliar na exploração



sustentável de jazidas de minério, depósitos subterrâneos de água e reservas de petróleo, carvão mineral e gás natural.

Outra vertente da geologia, indispensável para a segurança da população de pequenos a grandes municípios, é o estudo geotécnico de encostas para a prevenção de **riscos geológicos**, como movimentos gravitacionais de massa em regiões ocupadas. O estudo e mapeamento geológico-geotécnico dos municípios têm se mostrado eficaz na prevenção desses acidentes, pois identifica áreas de alta declividade e com solos/rochas propícias para deslizamento, escorregamento ou ruptura de talude.

Por fim, porém não menos importante, a geologia é uma das ciências que estuda os **fósseis** e a reconstrução da história do planeta na tentativa de desvendar e prever o futuro. Os fósseis são restos, marcas ou vestígios da atividade de seres vivos, que ficaram preservados nas rochas ou outros materiais naturais. Dessa forma, através desses vestígios, é possível recompor a história da vida na Terra, as mudanças climáticas e ambientais.

O TEMPO GEOLÓGICO

Nosso planeta tem 4,54 bilhões de anos. Esse longo intervalo de tempo, chamado de **tempo geológico**, foi dividido pelos cientistas (Figura 25 e tabela 6), para fins de estudo e de entendimento da evolução da Terra, em intervalos menores, chamados unidades cronoestratigráficas: éons, eras, períodos, épocas e idades.

A palavra **éon** significa um intervalo de tempo muito grande, indeterminado. A história da Terra está dividida em quatro éons: Hadeano, Arqueano, Proterozoico e Fanerozoico. Com exceção do Hadeano, todos os éons são divididos em eras. Uma **era** geológica é caracterizada pelo modo como os continentes e os oceanos se distribuíam e como os seres vivos nela se encontravam. O **período**, uma divisão da era, é a unidade fundamental na escala do tempo geológico. Somente as eras do éon Arqueano não são divididas em períodos. A **época** é um intervalo menor dentro de um período. Somente os períodos das eras do éon Proterozoico não são divididos em épocas. A **idade**, por fim, é a menor divisão do tempo geológico. Ela tem duração máxima de 6 milhões de anos, podendo ter menos de 1 milhão. Somente as épocas mais recentes são divididas em idades.



Figura 25. Ilustração do tempo geológico e a evolução da vida na Terra (Fonte de imagem: Digital Sevilla).



Tabela 6. Divisões do tempo geológico. Ma = Milhões de anos (Fonte de dados: IUGS).

ÉONS	ERAS	PERÍODOS	
Fanerozoico	Cenozoico	Quaternário	Hoje
		Neogeno	
		Paleogeno	
	Mesozoico	Cretáceo	66 Ma
		Jurássico	
		Triássico	
	Paleozoico	Permiano	251 Ma
		Carbonífero	
		Devoniano	
		Siluriano	
Ordoviciano			
Cambriano			
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacarano	541 Ma
		Criogeniano	
		Toniano	
	Mesoproterozoico	Steniano	
		Ectasianiano	
		Calymmiano	
	Paleoproterozoico	Statheriano	
		Orosiriano	
		Rhyaciano	
		Sideriano	
Arqueano	Neoarqueano	2500 Ma	
	Mesoarqueano		
	Paleoarqueano		
	Eoarqueano		
Hadeano		4000 Ma.	
		4540 Ma	

DADOS DE CARTOGRAFIA GEOLÓGICA

Para facilitar e organizar as informações geológicas de um mapeamento, os dados espaciais são disponibilizados em áreas denominadas de folhas. A região da AMCG (Figura 26) está inserida em seis diferentes folhas geológicas 1:250.000 (MINEROPAR 2006): Londrina (SF.22-Y-D), Cornélio Procópio (SF.22-Z-C), Campo Mourão (SG.22-V-B), Telêmaco Borba (SG.22-X-A), Itararé (SG.22-X-B) e Ponta Grossa (SG.22-X-C).

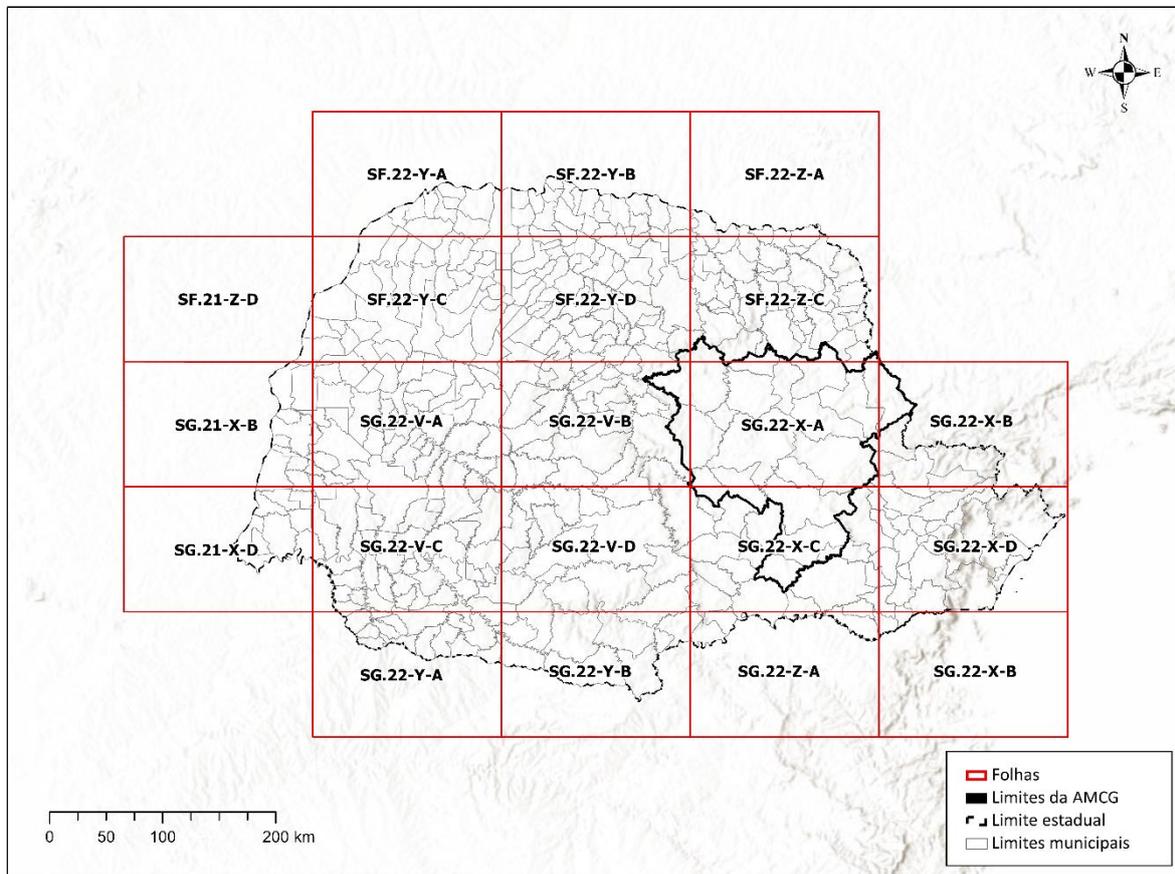


Figura 26. Folhas geológicas dos Paraná 1:250.000 (Fonte de dados: MINEROPAR).

Para maiores informações e aquisição dados das articulações do mapeamento geológico (1:250.000) da Mineropar (2006), acesse o website:

<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Publicacoes-para-download>

O CICLO DAS ROCHAS

O termo rocha pode ser definido como um agregado sólido de minerais, em que estes são juntados de uma forma que mantém suas características individuais. Existem três classes de rochas: as ígneas, sedimentares e metamórficas (Figura 27).

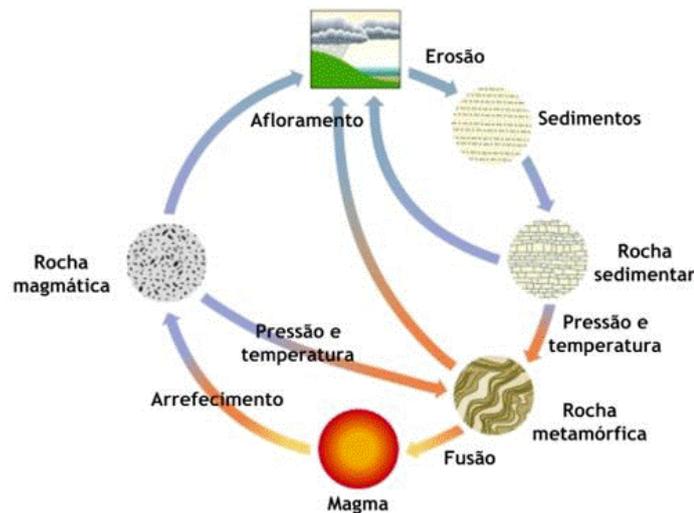


Figura 27. Ciclo das rochas. (Fonte de imagem: CienTIC).

Rochas ígneas

As rochas ígneas, ou rochas magmáticas, são formadas a partir da cristalização do magma que é a massa de rocha em fusão total ou parcial. Tais rochas podem cristalizar tanto na superfície, quanto em subsolo.

A classificação das rochas ígneas se faz a partir do ambiente em que o magma se cristaliza. Rochas ígneas intrusivas ou plutônicas, formadas a partir da cristalização lenta do magma em subsuperfície (ex. granito), e as rochas ígneas extrusivas ou vulcânicas, formadas a partir da cristalização rápida do magma quando chega à superfície da crosta terrestre como lava (ex. basalto).

Rochas sedimentares

As rochas sedimentares são formadas a partir do acúmulo e consolidação de materiais provenientes da desagregação de outras rochas pré-existentes. Essas rochas podem ser formadas a partir de sedimentos originados de rochas ígneas, metamórficas ou de outras rochas sedimentares.

O processo de desintegração das rochas na superfície, denominado intemperismo, pode ser causado por agentes físicos, químicos ou biológicos. O material desagregado sofre erosão e transporte até os locais mais baixos do relevo onde é depositado, formando camadas sedimentares. Processos de diagênese, que transformam os sedimentos em rochas, ocorrem desde a deposição até a consolidação dos sedimentos, compreendendo a compactação, cimentação e formação de novos minerais (MINEROPAR, 2001).

Rochas metamórficas

Quando as rochas sedimentares, ígneas ou metamórficas são submetidas a pressões intensas ou altas temperaturas, sofrem transformações originando rochas metamórficas. Estas modificações, denominadas metamorfismo, ocorrem em profundidades variáveis da crosta. O processo não é intenso a ponto de fundir as rochas embora ocorram modificações mineralógicas, texturais e granulométricas (MINEROPAR, 2001).

A seguir, na figura 28, alguns exemplos de rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares.

Mágmatica		Metamórfica		Sedimentar	
					
Granito	Diorito	Ardósia	Quartzito	Conglomerado	Calcário
					
Gabro	Basalto	Gnaiss	Mármore	Arenito	Argilito

Figura 28. Principais grupos de rochas e exemplos (Fonte de imagem: Selftution).

ESTRATIGRAFIA

Dentro das ciências geológicas, o estudo da organização das rochas no tempo e espaço é denominado de estratigrafia. A estratigrafia tem como objetivo descrever o conhecimento geológico através da caracterização das rochas em unidades (ex. grupo, subgrupo e formações) com suas abrangências verticais e laterais, estabelecer correlações geológicas entre regiões diferentes e servir de fundamento para o estabelecimento da história da evolução geológica local, regional e mundial.

Para melhor entender as inter-relações das rochas e suas unidades, é necessário ter em mente alguns conceitos:

- I. **Formação** é a unidade fundamental na nomenclatura estratigráfica formal. Caracteriza-se por um corpo de rochas identificado pelas suas características líticas e sua posição estratigráfica. Ela deve ser mapeável em superfície ou em subsuperfície.
- II. **Membro** é a unidade litoestratigráfica formal imediatamente abaixo da formação, tendo sempre que fazer parte de uma formação. Caracteriza-se por apresentar aspectos litológicos próprios que podem ser individualizados das partes adjacentes da formação. Uma formação não necessita ser totalmente dividida em membros.
- III. **Camada** é a unidade formal de menor hierarquia da nomenclatura estratigráfica. Espessura e mapeabilidade não são consideradas para sua individualização, podendo variar de centímetros a metros.
- IV. **Grupo** é a unidade formal de categoria imediatamente superior à formação. O grupo deve ser formado por duas ou mais formações. As formações que compõem um grupo não necessitam de ser as mesmas em toda a sua área de ocorrência.

De forma mais didática, um exemplo de formação é a **Formação Serra Geral** do **Grupo São Bento**, que é dividida em vários **membros** e em inúmeras **camadas** de basalto, riolito e riodacito.

COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

A geomorfologia é a área da geociência que estuda a diversidade de formas de relevo na superfície da crosta terrestre. O relevo na superfície terrestre resulta de dois conjuntos de forças naturais que constantemente estão agindo um contra o outro.

De um lado, o conjunto rochoso da crosta, embora aparentemente sólido e estável, está submetido às **forças internas** (processos endógenos) do globo terrestre que são responsáveis pelo soerguimento e falhamento de blocos das formações continentais, pela formação de montanhas, pelo vulcanismo e pelos terremotos de grande magnitude. De outro lado, trabalhando para modificar e destruir as rochas e atuando na criação de diferentes formas de relevo estão as **forças externas**, ligadas com a ação do calor, das chuvas, dos rios, do gelo, do vento e do mar. Esse segundo grupo compreende todas as ações naturais capazes de corroer e desgastar a superfície da Terra. São os denominados processos morfogenéticos exógenos.

No Paraná, a geomorfologia é marcada por quatro principais (Figura 29) compartimentações do relevo que moldam a paisagem e refletem características singulares: Serra do Mar, Primeiro Planalto Paranaense, Segundo Planalto Paranaense, Terceiro Planalto Paranaense.

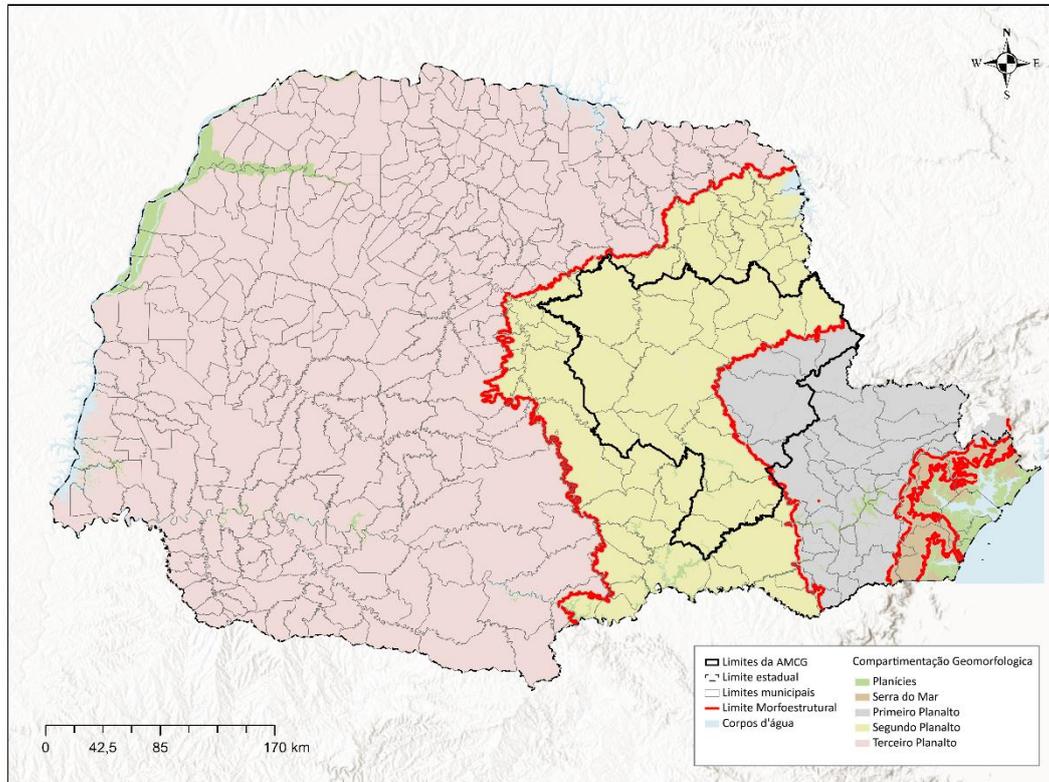


Figura 29. Compartimentação geomorfológica do Paraná (Fonte de dados: IAT).

GEOLOGIA DA AMCG

O contexto geológico da Associação de Municípios dos Campos Gerais apresenta uma grande diversificação (Figura 30). As rochas da região pertencem aos grupos São Bento, Passa Dois, Guartá, Itararé, Paraná, Castro, Açungui e Setuva, além de coberturas graníticas e de sedimentos recentes.

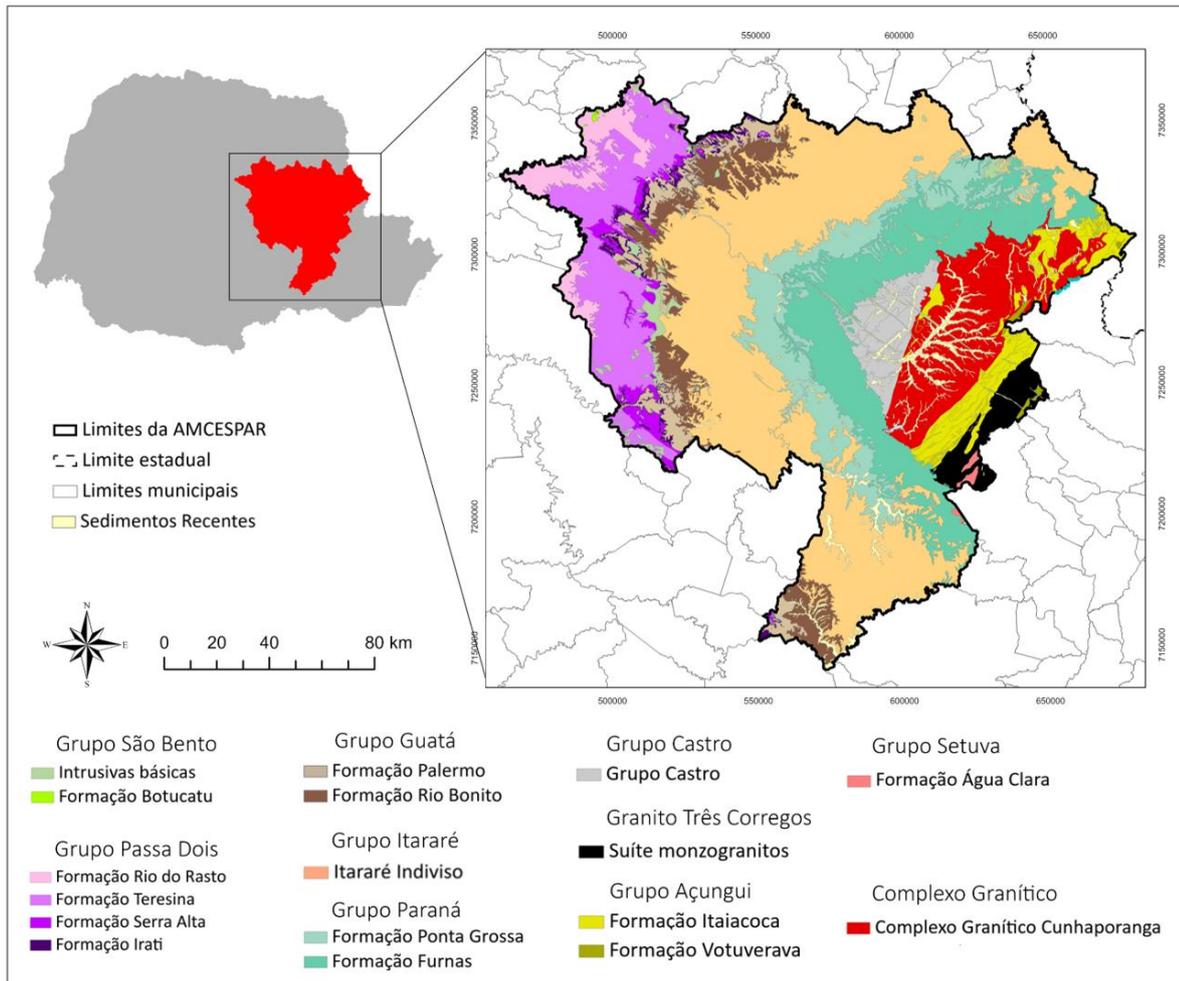


Figura 30. Contexto geológico da Associação de Municípios dos Campos Gerais (Fonte de dados: Mineropar).

SEDIMENTOS RECENTES

Para a geologia, sedimento é todo material fragmentário que foi originado através do intemperismo e erosão de rochas, solos e conchas (CPRM, 2018). Esse material é transportado por agentes físicos como rios, ventos, gelo e correntes, e passa a ser depositado e acumulado em dunas, às margens de drenagens, base de encostas, planícies de inundação e regiões litorâneas.

Os sedimentos recentes são aqueles com idades inferiores a 1,8 milhão de anos e recobrem parcialmente as rochas da Bacia e do Escudo Paranaense. Depósitos de terraço aluvionares mais antigos passam, com o avanço do processo erosivo, a constituírem paleoterraços em posição topográfica superior

aos aluviões mais recentes, e depósitos coluviais ocorrem localmente em encostas e são provenientes de movimentos de massas (MINEROPAR, 2001).

Na AMCG, a composição dos sedimentos recentes é, em sua grande maioria, de areias, siltes, argilas e cascalhos podendo se apresentar em forma de agregados.

GRUPO SÃO BENTO

Segundo a Mineropar (2006) o Grupo São Bento, localizado em sua maioria a oeste do estado, cobre mais da metade do território paranaense (53%). Apesar disso, na AMCG, o Grupo São Bento é pouco expressivo em afloramentos, limitando-se a pontuais intrusões básicas e alguns pontos da Formação Botucatu ao norte de Ortigueira (Figura 31). O grupo é constituído pela Formação Pirambóia, Formação Botucatu, Formação Serra Geral e por intrusões básicas.

Formação Botucatu

Arenitos eólicos róseo-avermelhados, com típica estratificação cruzada tabular de grande porte. Apresentam alternâncias de lâminas com granulação média e fina, com boa seleção em cada lâmina e grãos bem arredondados em ambas as frações. Frequentemente apresentam-se silicificados. Esta unidade é um dos locais onde reside o aquífero Guarani. A formação possui ocorrências de jazidas/minas de areia para construção civil e industrial e águas termais (Paraná, 2018).

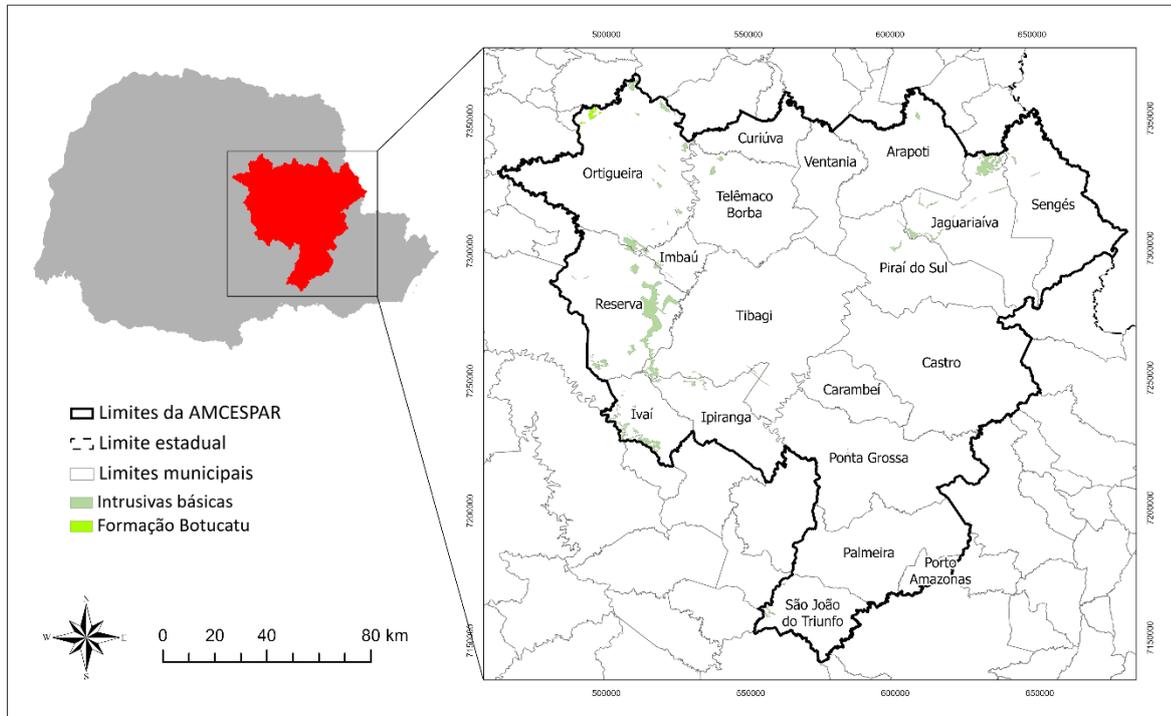


Figura 31. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo São Bento, na Associação de Municípios dos Campos Gerais (Fonte de Dados: Mineropar).

GRUPO PASSA DOIS

O Grupo Passa Dois, composto pelas formações Irati, Teresina, Serra Alta e Rio do Rastro, faz parte da Bacia do Paraná. Esse corpo alongado, assim como o Grupo Guatá e o Itararé, apresenta uma configuração de arco voltado para leste, com largura média de 50 km e que corta o Paraná de norte a sul. No caso da AMCG, o Grupo Passa Dois está, predominantemente, localizado na região noroeste, nos municípios de Ortigueira, Reserva, Ivaí e Curiúva (Figura 32).

Formação Irati

Compreende os membros Taquaral e Assistência. O Membro Taquaral, formado em plataforma rasa, é constituído por argilitos e folhelhos cinzentos com laminação paralela. O Membro Assistência, depositado em bacia restrita, é formado por folhelhos pretos, pirobetuminosos, com intercalações de calcário e laminação paralela.



Formação Serra Alta

Compreende uma seqüência de folhelhos e siltitos cinza-escuros a pretos, tendo como principal estrutura a fratura conchoidal (forma curvada como uma concha marinha). Quando intemperizados mostram cores cinza-claro a cinza-esverdeado, e amareladas. Normalmente são maciços ou possuem uma laminação plano-paralela.

Formação Teresina

É constituída por siltitos acinzentados com intercalações de calcário micrítico e estromatolítico, de ambiente de planície de marés e plataforma epinerítica. Apresenta laminação paralela, ondulada e flaser.

Formação Rio do Rasto

Compreende os membros Morro Pelado e Serrinha. O Membro Morro Pelado, depositado em ambiente fluvial e de planície deltáica, contém siltitos e argilitos avermelhados e arenitos finos intercalados.

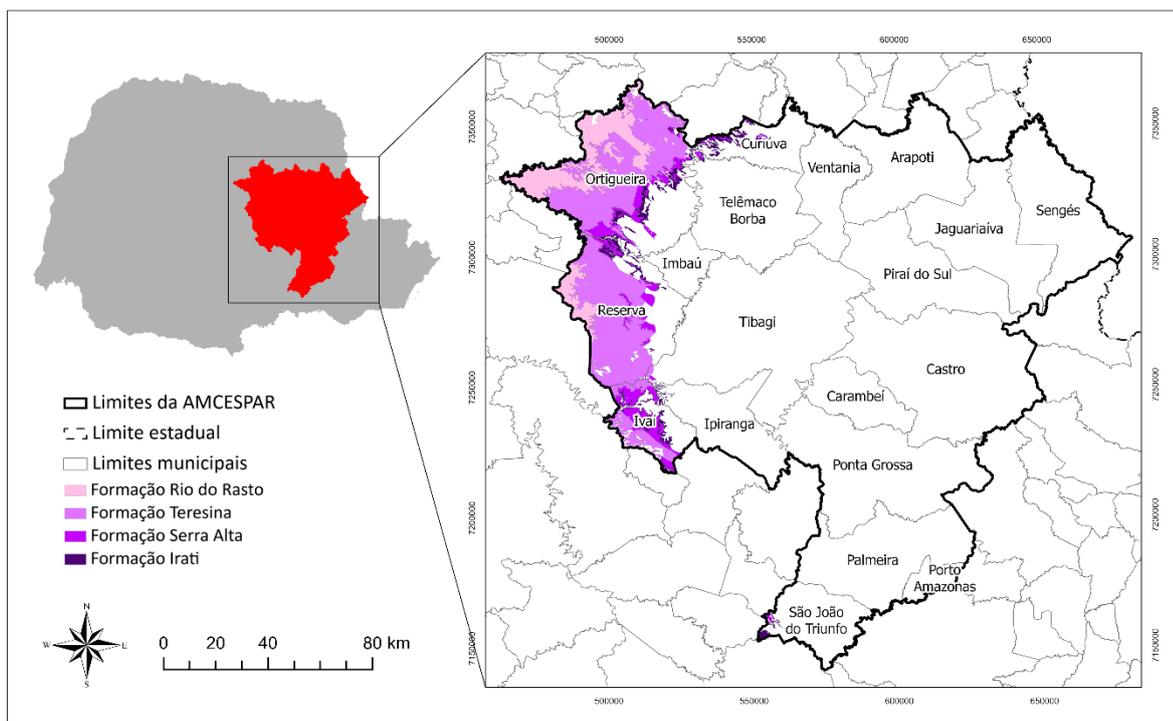


Figura 32. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo Passa Dois, na Associação de Municípios dos Campos Gerais (Fonte de Dados: Mineropar).

GRUPO GUATÁ

O Grupo Guatá, também pertencente a Bacia do Paraná, compreende uma sucessão predominantemente siliciclástica que contém as principais jazidas de carvão da Bacia do Paraná. Subdivide-se nas formações Rio Bonito e Palermo. Na AMCG, as rochas desse grupo estão presentes na região noroeste e no extremo sul, predominantemente, nos municípios de Ortigueira, Reserva, Ivaí, Curiúva, Telêmaco Borba, Ipiranga, Imbaú e São João do Triunfo (Figura 33).

Formação Rio Bonito

Constituída por arenitos, siltitos, folhelhos, carvões e calcários, contém os membros Siderópolis, Paraguaçu e Triunfo. Membro Siderópolis - arenitos finos de planície litorânea. Membro Paraguaçu - depositado em planície de marés e plataforma, constituído por arenitos e siltitos cinzentos, esverdeados e amarronzados, intercalações de níveis calcários, micríticos e estromatolíticos. Apresenta laminação plano-paralela e ondulada, microestratificação cruzada e bioturbação. Membro Triunfo - depósitos flúvio-deltaicos de arenitos cinzentos esbranquiçados, finos a grossos, níveis conglomeráticos, siltitos, folhelhos carbonosos e estratificação cruzada, marcas onduladas e camadas de carvão (Figueira e Salto Aparado). A Formação Rio Bonito possui ocorrências de jazidas/minas de carvão, urânio e calcário (corretivo agrícola) (Paraná, 2018).

Formação Palermo

Formada em ambiente de plataforma e planície litorânea, consiste de siltitos cinzentos, com laminação paralela, flaser e bioturbação. Esta unidade possui ocorrências de jazidas/minas de argila para cerâmica vermelha (Paraná, 2018).

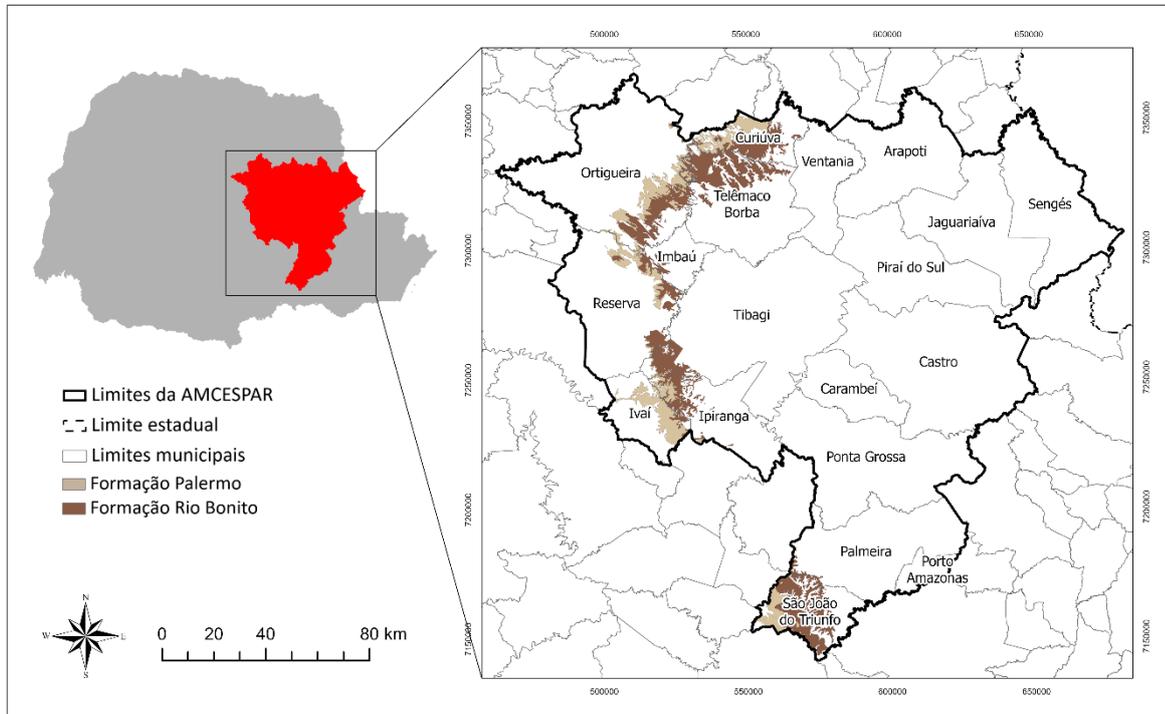


Figura 33. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo Guatá, na Associação de Municípios dos Campos Gerais (Fonte de Dados: Mineropar).

GRUPO ITARARÉ

O Grupo Itararé é uma unidade da Bacia do Paraná das mais complexas, quer do ponto de vista da diversidade dos processos geradores, quer da relação espacial, caracteristicamente marcada pela descontinuidade de suas litofácies constituintes. No estado do Paraná, o Grupo Itararé, assim como o Grupo Paraná, também se configura como um arco voltado para leste, com largura que varia, em média, entre 20 a 50 km. Apesar de o grupo ser dividido entre as formações Campo do Tenente, Mafra e Rio Bonito, na AMCG, o Grupo Itararé é indiviso.

As rochas do Grupo Itararé têm grande expressividade geográfica na região da AMCG, abrangendo a maioria dos municípios (Figura 34).

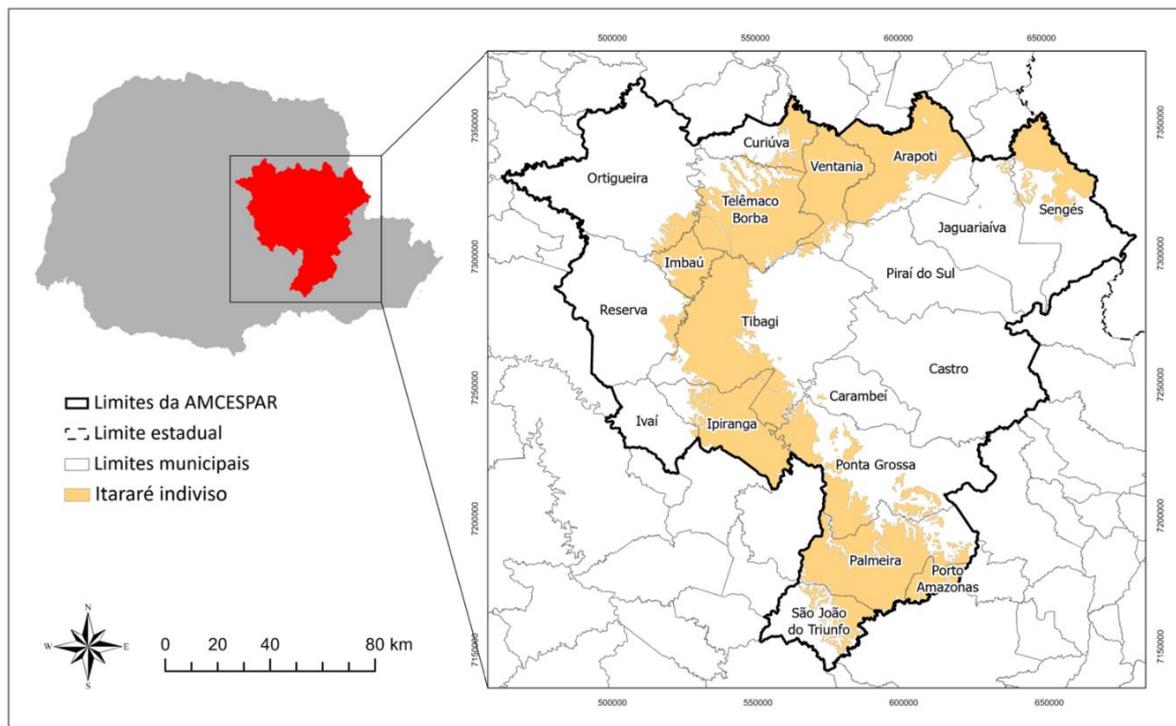


Figura 34. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo Itararé, na Associação de Municípios dos Campos Gerais (Fonte de Dados: Mineropar).

GRUPO PARANÁ

O Grupo Paraná, subdividido pelas formações Furnas e Ponta Grossa, ocupa grande parte do território da AMCG (Figura 35). Esse grupo de rochas sedimentares pertencentes à Bacia do Paraná está posicionado em forma de arco voltado para leste com largura que varia, em média, entre 20 a 40 km.

Formação Furnas

Depositada em ambiente aluvial e litorâneo. Constituída por arenitos médios a grossos com estratificações cruzada e horizontal, subordinadamente arenitos conglomeráticos e siltitos esbranquiçados. Esta unidade forma a Escarpa Devoniana. Possui ocorrências de jazidas/minas de areia, caulim e água subterrânea (aquífero) (Paraná, 2018).



Formação Ponta Grossa

Oriunda de depósitos litorâneos e de plataforma, a Formação Ponta Grossa é formada por folhelhos e siltitos cinzentos, localmente betuminosos, com intercalações de arenitos muito finos, esbranquiçados. Apresenta estruturas como laminação paralela, ondulada e flaser. Esta unidade possui potencial para geração de gás de folhelho. Possui ocorrências de jazidas e/ou minas de argila para cerâmica vermelha (Paraná, 2018).

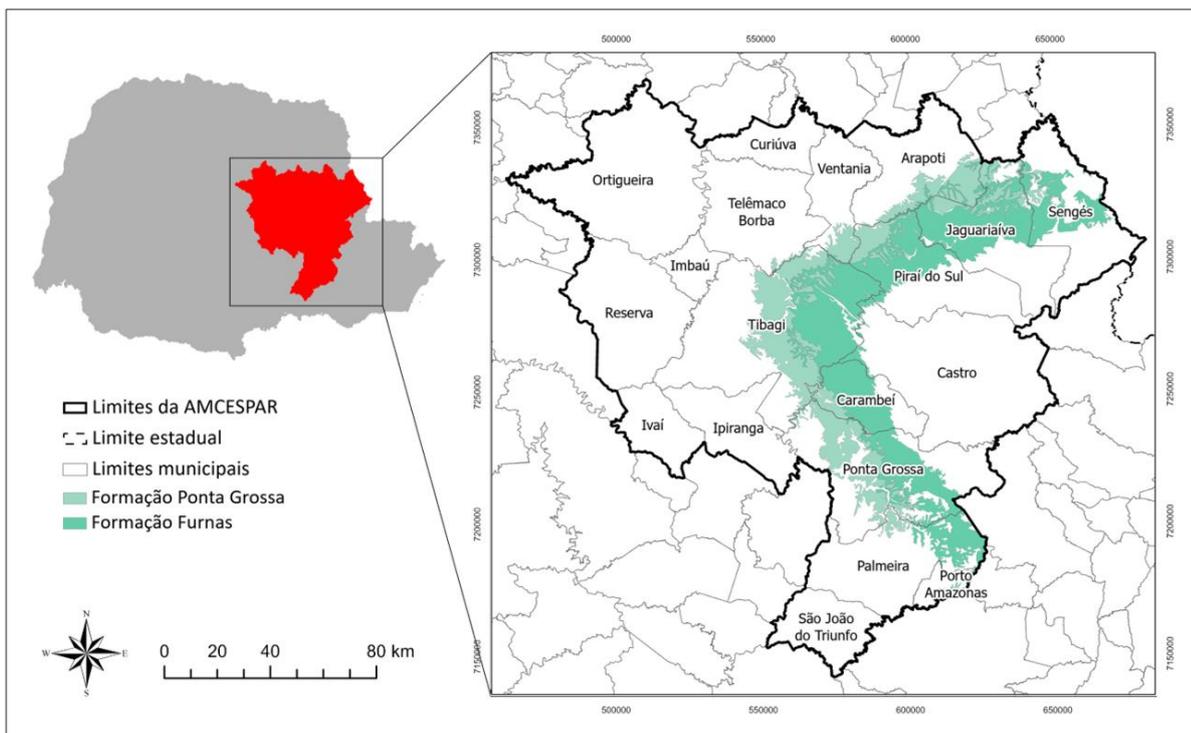


Figura 35. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo Paraná, na Associação de Municípios dos Campos Gerais (Fonte de Dados: Mineropar).

GRUPO CASTRO

O Grupo Castro está presente na região central da AMCG (Figura 36), abrangendo os municípios de Carambeí, Castro, Pirai do Sul e Tibagi. O Grupo é recoberto a oeste pela Formação Furnas e delimitado a leste por uma falha.



A constituição do Grupo Castro pode ser dividida em dois principais pacotes: rochas vulcânicas e rochas sedimentares. As rochas vulcânicas são predominantemente ácidas, com riolitos e piroclásticas (brechas e tufos) de vários tipos, sendo os andesitos menos abundantes. As rochas sedimentares são representadas por conglomerados, arenitos, siltitos e lamitos depositados em ambientes lacustres e fluviais. O Grupo Castro contém mineralizações de ouro associadas a domos riolíticos e falhas.

GRANITO TRÊS CÓRREGOS

O Granito Três Córregos (GTC) é a maior intrusão granítica do sul do país, com aproximadamente 1.900 km² no estado do Paraná e, assim como a grande maioria das unidades da região, apresenta o eixo maior na direção NE-SW (Figura 36). São formados por granodioritos, monzogranitos, quartzo-monzonitos (por vezes deformados) e, subordinadamente, tonalitos e sienogranitos

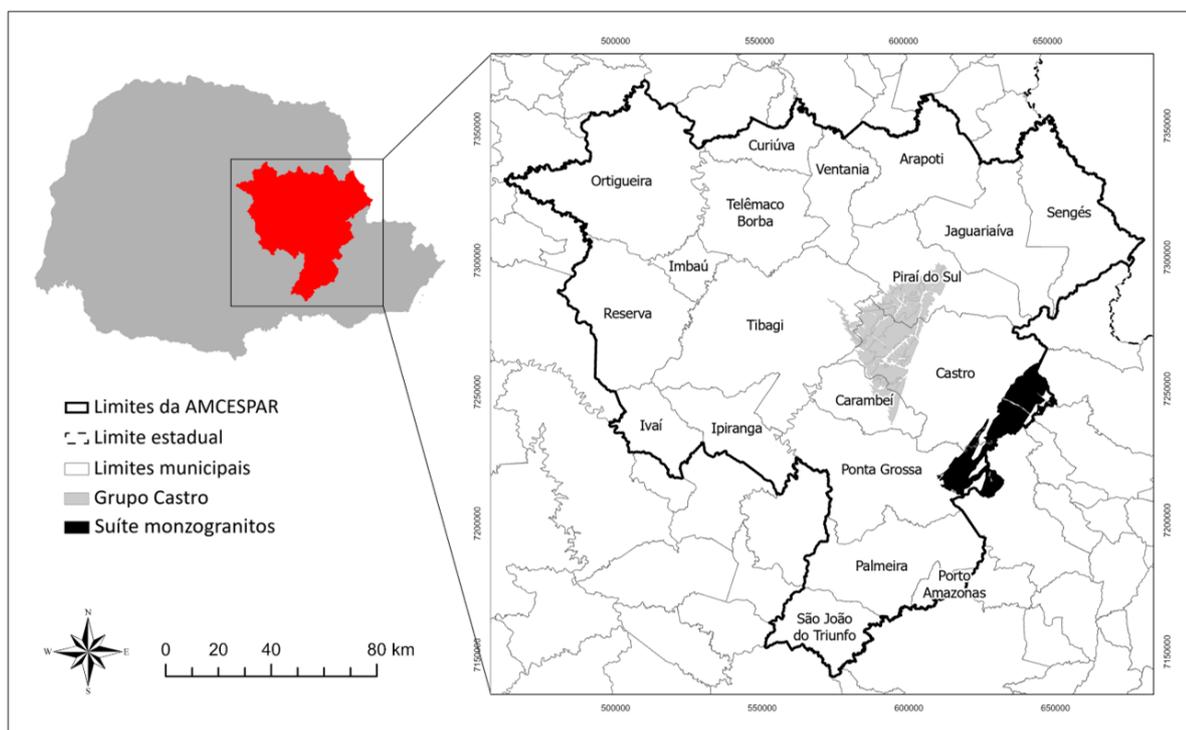


Figura 36. Distribuição das rochas do Granito Três Córregos e rochas pertencentes ao Grupo Paraná, na Associação de Municípios dos Campos Gerais (Fonte de Dados: Mineropar).

GRUPO AÇUNGUI

O Grupo Açungui, subdividido nas formações Antinha, Itaiacoca, Capiru e Votuverava, é constituído por rochas metamorfizadas. Na AMCG, apenas as formações Itaiacoca e Votuverava se encontram presentes a leste da região (Figura 37).

Formação Itaiacoca

Formação composta por mármore dolomíticos, metapelitos e metadoleritos intercalados. Esta formação desenvolveu-se em ambiente de plataforma carbonática em rifte de margem continental e é a formação mais presente, do Grupo Açungui, na AMCG.

Formação Votuverava

Formação composta de filitos, calcários, quartzitos e metaconglomerados, e apresenta depósitos com contribuição glacial, seguido de espesso pacote de turbiditos e carbonatos de águas mais rasas.

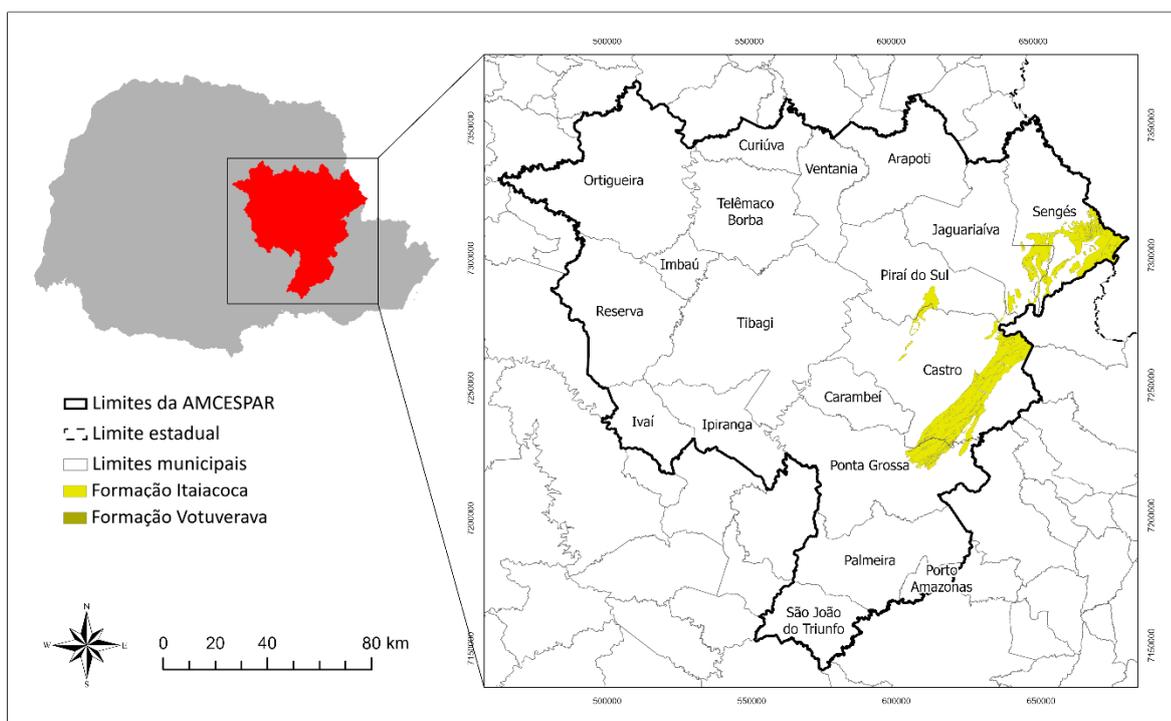


Figura 37. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo Açungui, na Associação de Municípios dos Campos Gerais (Fonte de Dados: Mineropar).

GRUPO SETUVA

O Grupo Setuva, rochas vulcano-sedimentares metamorfizadas, compõe uma das estruturas mais antigas da AMCG. Formado no Proterozóico Médio (1.800 a 1.000 milhões de anos), o grupo subdivide-se nas formações Perau e Água Clara, sendo a última a única presente na região da AMCG, entre Ponta Grossa e Palmeira (figura 38).

Formação Água Clara

É uma sequência vulcano-sedimentar, metamorfizada de baixo grau. A formação se encontra presente, em pequenas porções, ao sul da AMCG nos municípios de Palmeira e Ponta Grossa. Depositada em ambiente marinho de água rasa até profunda, preserva estruturas estromatolíticas de algas fossilizadas. É uma formação composta de rochas metavulcânicas básicas e intermediárias, xistos manganésíferos, quartzo-mica xistos, metamargas, formações ferromanganesíferas e calcários calcíticos.

COMPLEXO GRANÍTICO CUNHAPORANGA

O complexo foi descrito em diversos trabalhos desde as primeiras identificações por Oliveira (1916) até as pesquisas mais aprofundadas de Guimarães (2000). É uma unidade com grande diversidade composicional, textural e estrutural de rochas graníticas, além de mega-enclaves de rochas metamórficas (Guimarães, 2000). Os granitos variam desde porfiríticos até equigranulares médios a grossos, cinzas ou róseas. Na AMCG o complexo encontra-se em diversos municípios ao leste da região (Figura 38).

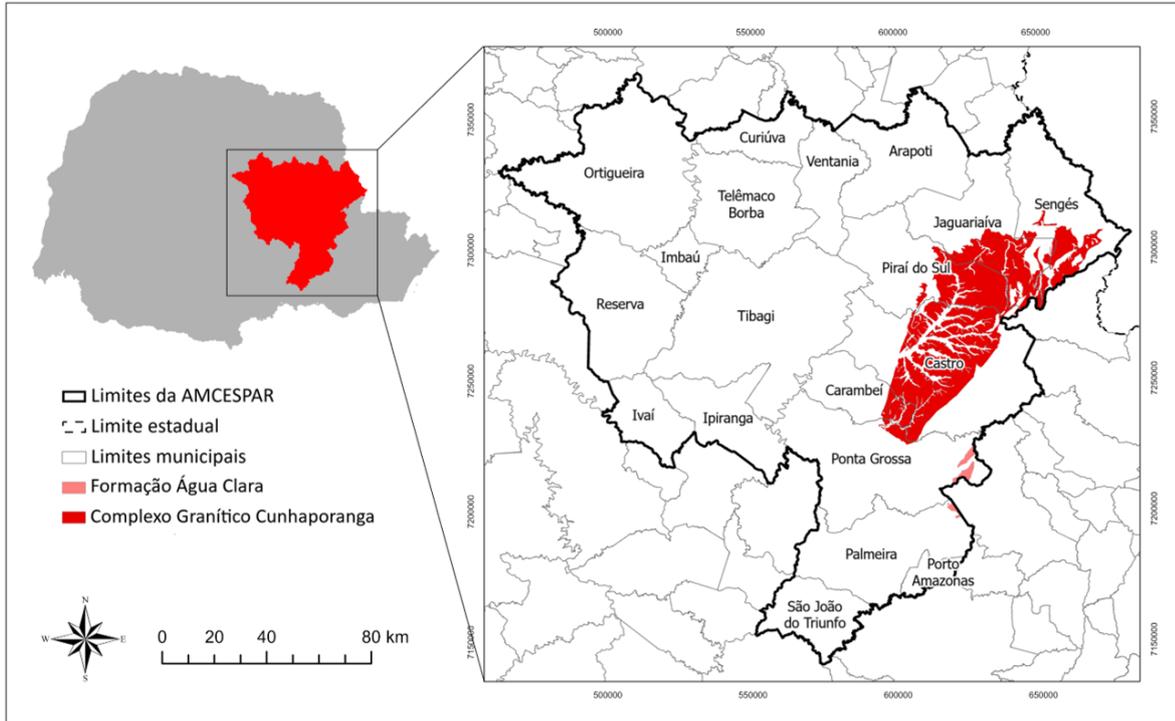


Figura 38. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo Setuva e ao Complexo Granítico Cunhaporanga, na Associação de Municípios dos Campos Gerais (Fonte de Dados: Mineropar).

ASPECTOS DA GEOLOGIA POR MUNICÍPIO

ARAPOTI

O município de Arapoti está localizado no contexto do Segundo Planalto Paranaense e abrange os aspectos geológicos do Grupo Itararé e do Grupo Paraná, com pontual intrusão básica da formação Serra Geral ao norte do município.

Uma das estruturas geológicas mais conhecidas da região é o vale no cerrado das Cinzas. A formação foi originada por meio do processo de intemperismo das rochas sedimentares do Itararé, nos últimos 300 milhões de anos, além de exibir influência de processos glaciais. O rio que corta o vale é o Ribeirão do Norato. Esse lugar é conhecido pelos moradores como “Onde Noé enalhou a arca” ou, até mesmo, “Cânion do Cerrado” (Figura 39-a).

Outra característica geológica do município é a presença de estruturas provenientes da erosão dos arenitos da formação Furnas. OS rios Cinzas (Figura 39-b) e Perdizes, encaixados nessas estruturas intemperizadas, podem exibir feições denominadas de marmitas (depressões, mais ou menos arredondadas) em épocas de estiagem.

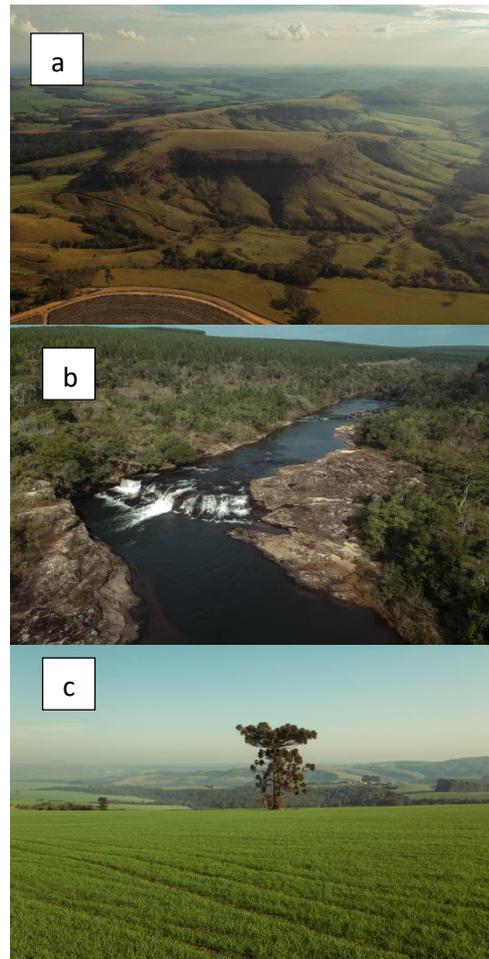


Figura 39. a) Cânion do Cerrado, conhecido por moradores como “Onde Noé enalhou a arca”. b) Rio das Cinzas encaixado nas estruturas das rochas sedimentares. c) Relevo aplainado com pouca declividade nas terras da colônia holandesa de Arapoti (Fonte de imagem: Viaje Paraná - Secretaria da Comunicação Social).

Essas feições irregulares são resultantes da acumulação de seixos que provocam um movimento turbilhonar da água e, conseqüentemente, um movimento circular das partículas ao longo do tempo geológico.

Além disso, o relevo da área urbana é predominantemente plano (0 a 8% de declividade), com áreas que variam entre suave ondulado (3 a 8%) e ondulado (8 a 20%). Especialmente à sul e à oeste do perímetro urbano vigente (Figura 39-c), existe uma grande extensão de áreas consideradas planas, ideais para o parcelamento do solo.

CARAMBEÍ

O município de Carambeí situa-se, parte no Primeiro Planalto Paranaense (região leste), e parte no Segundo Planalto (porção central e oeste). Apesar de ser um município de menor extensão geográfica, sua geologia é diversificada. O contexto geológico da região sobre o Segundo Planalto Paranaense é caracterizado pela ocorrência de rochas sedimentares da Formação Furnas, da Formação Ponta Grossa, bem como pequenos trechos de arenitos do Grupo Itararé. Como resultado essa região, onde o perímetro urbano (Figura 40-a) está localizado, apresenta uma topografia relativamente suave e solos agricultáveis (Figura 40-b).

Um segundo contexto geológico de Carambeí está inserido sobre o Primeiro Planalto. Essa região apresenta topografia de relevo mais acidentado. As rochas presentes nessa área são parte do Complexo Granítico Cunhaporanga e do Grupo Castro. Como resultado do intemperismo dessas rochas, o solo dessa região é mais ácido e com presença de cascalhos, tendo assim, potencial limitado para uso agrícola.



Figura 40. a) Relevo aplainado no perímetro urbano de Carambeí. Fonte: Prefeitura de Carambeí. b) Terras agricultáveis de topografia suave (Fonte de imagem: Viaje Paraná - Secretaria da Comunicação Social).

CASTRO

O município de Castro está localizado na borda Oeste do Primeiro Planalto Paranaense, no contexto geológico do Complexo Granítico Cunhaporanga, do Grupo Açungui, do Grupo Castro, da borda da formação Furnas e dos sedimentos recentes. A transição entre o Primeiro e o Segundo Planalto Paranaense exibe uma estrutura geológica singular, conhecida como Cânion do Guartelá. Apesar disso, segundo Seoane (1999), o município é dominado por relevo suave e ondulado na região oeste, com cotas variando de 920 a 1210 m. As áreas mais elevadas e acidentadas associam-se às rochas vulcânicas e piroclásticas e as áreas mais planas são dominadas pelas rochas epiclásticas (clástica sedimentar). Além disso, a rede de drenagem exibe padrão dendrítico, com sistemas subparalelos impostos por elementos estruturais.

Com uma geologia bem complexa e diversificada, o município apresenta um dos maiores potenciais minerários da AMCG, principalmente sobre as a faixa da formação Itaiacoca (ocorrência de talco, caulim, mármore dolomítico) e do Grupo Castro (argila, rocha para brita e ouro). Além disso, segundo dados da CPRM (2016), uma nova ocorrência de ouro livre (Figura 41-a e b) foi identificada na Bacia de Castro (extremo oeste da região). Com a descoberta, abre-se caminho para uma nova perspectiva sobre o potencial mineral da região.

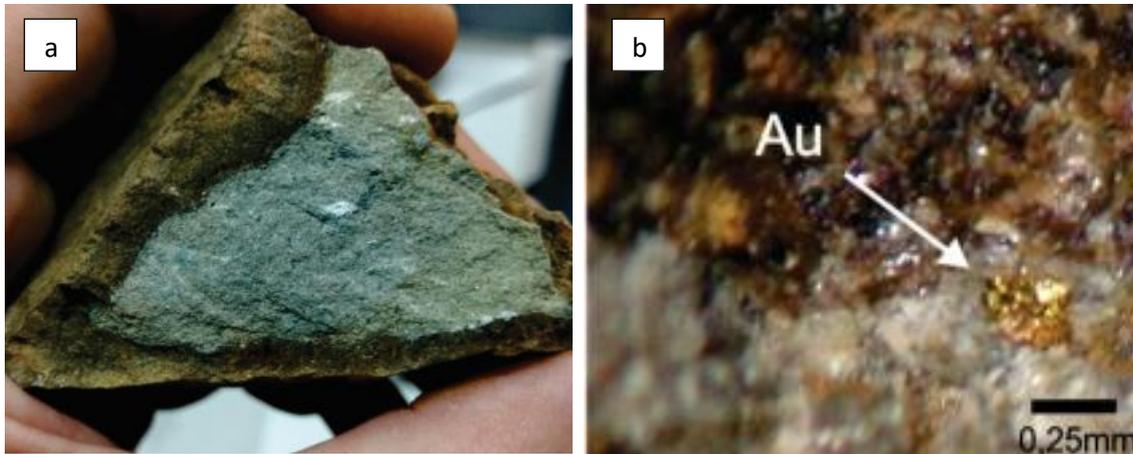


Figura 41. a) Zona sulfetada e silicificada com pirita, arsenopirita, cinábrio e ouro (Au). b) Detalhe da amostra sulfetada, com destaque para ocorrência dos sulfetos e de ouro livre, na borda da zona oxidada da amostra (Fonte de imagem: CPRM).

CURIÚVA

O Município de Curiúva está localizado inteiramente sobre o Segundo Planalto Paranaense e contém rochas do Grupo Guatá, do Grupo Itararé e parte do Grupo Passa-Dois. Nessa região, segundo dados do Plano Diretor Municipal (2012), as rochas mais comuns são: arenitos (Vila Velha e Furnas), folhelhos (Ponta Grossa), carvão mineral, varvitos, siltitos e tilitos, além de intrusões ígneas básicas.

A primitiva denominação do município de Curiúva, foi Caetê, numa referência à serra homônima (Figura 42) onde os primeiros residentes se instalaram. Essa serra é constituída por rochas das formações do Grupo Passa Dois, constituída pelas formações Teresina, Serra Alta e Irati.



Figura 42. Serra do Caetê, Curiúva (Fonte de imagem: E7).

A altitude varia dentro do intervalo de 500 a 1000 metros. As cotas mais baixas estão às margens do Rio Tibagi, a leste do território municipal, e às do Rio do Peixe, a nordeste. As mais altas são do divisor de águas entre as bacias hidrográficas do Tibagi e do Cinzas, que se localizam no centro do Município.

IMBAÚ

O município de Imbaú está inserido no contexto do Segundo Planalto Paranaense. A geologia é caracterizada pela predominância do arenito Itararé, em quase todo seu território. Na região oeste, rochas do Grupo Guatá e soleiras de diabásio, fazem parte da construção geológica do município (Figura 43).



Figura 43. Perímetro urbano de Imbaú, localizado sobre um relevo mais aplainado (Fonte de imagem: Prefeitura de Imbaú).

Imbaú apresenta terrenos com menor declividade, se comparado com seus vizinhos Ortigueira e Reserva. Grande parte do município apresenta declividades entre 0 e 20%, com exceção da região sul, que se caracteriza por um relevo mais acidentado. Em geral, a topografia do município é condicionada em decorrência dos diques de diabásio, por apresentarem maior resistência à erosão, formando cristas individualizadas, orientadas na direção sudeste-noroeste.

IPIRANGA

O município de Ipiranga, também inserido no Segundo Planalto Paranaense, exibe sua compartimentação geológica dividida, principalmente, entre o Grupo Guatá e o Grupo Itararé. O terreno onde se localiza a cidade é caracterizado predominantemente por áreas planas suavemente onduladas de solo formado a partir de rochas areno-argilosas sedimentares. Grande parte do quadro urbano apresenta declividades de até 15%. Porém, segundo o Plano Diretor Municipal (2004), Ipiranga apresenta algumas regiões de topografia mais íngreme sujeitas a erosão e/ou deslizamentos e não poderiam ser ocupadas, o mesmo ocorre com as áreas junto à várzea do Rio Ipiranga, sujeitas a enchentes, e ao longo do Córrego do Curtume, o qual se encontra quase que totalmente obstruído pela construção de edificações sobre seu leito.

Além disso, o sistema de drenagem de águas pluviais tem como corpos receptores o Rio Xaxim e o Córrego do Curtume, os quais por sua vez desembocam no Rio Ipiranga, cujas águas ocupam toda a sua várzea de inundação em épocas de chuva. Estas enchentes ocasionam maiores problemas para a cidade, pois as áreas alagadiças, ao longo do leito do rio, se encontram ocupadas pelo uso urbano.

IVAÍ

O município de Ivaí, localizado no Segundo Planalto Paranaense, exibe uma geomorfologia caracterizada por vales escarpados com desníveis de 100 até 200 metros. Esse relevo acidentado é comum na encosta do vale do Ivaí. Ao Norte, na divisa com os municípios de Cândido de Abreu, Reserva e Tibagi, as serras do Chupador, da Imbuia, da Pedra Branca, de São Roque e dos Macacos formam um grande arco de terrenos dobrados, tornando inclusive difíceis as comunicações com as populações vizinhas.

A geologia do município conta com a presença de folhelhos nas rochas do Carbonífero superior (Grupo Itararé) que propiciam, por meio dos solos dela decorrentes, a presença, em algumas várzeas, de argileiras. Essa característica é apropriada para a exploração econômica por olarias, constituindo Ivaí uma extensão menor do cluster cerâmico do centro-sul do Paraná.

JAGUARIAÍVA

Assim como os municípios vizinhos, Pirai do Sul e Sengés, o município de Jaguariaíva se divide entre o Primeiro e o Segundo Planalto Paranaense. As características geológicas são definidas pelo Grupo Paraná e pelas intrusões básicas no Segundo Planalto, assim como pelo Grupo Açungui e pelo Complexo Granítico Cunhaporanga, no Primeiro Planalto.

As drenagens dos rios Capivari e Jaguariaíva cortam a malha urbana do município e, ao decorrer do escoamento sobre o relevo característico (Figura 44-a e b), que varia entre 800 a 1300 m, apresentam atrativos geoturísticos como o Cachoeirão, o Poço do Inferno com a presença de um cânion (rio Jaguariaíva) e o Vale do Codó (Figura 36-c). Além disso, o ponto mais alto do relevo do município está próximo ao Capão das Galhas, situado na Serra da Boa Esperança, na Escarpa Devoniana, com 1.317 metros de altitude.



Figura 44. a) rio Capivari. b) Cânion do rio Jaguariaíva. c) Vale do Codó (Fonte de imagem: Viaje Paraná - Secretaria da Comunicação Social)



ORTIGUEIRA

Segundo Oliveira et al. (2013), o município de Ortigueira está localizado sobre um contexto geológico complexo, com 60% do seu território composto de rochas do Grupo Passa Dois e, no restante do município, intercalam-se rochas dos grupos Itararé, Guatá e São Bento. No Noroeste, situa-se a área de transição do Segundo para o Terceiro Planalto Paranaense, local conhecido por apresentar diversas estruturas geológicas como a Serra do Cadeado, Serra Grande, Pedra Branca, Serra Pelada e a cachoeira Véu da Noiva (Figura 45). Por ser uma área de transição, o relevo é bastante acidentado, e exatamente por ter esse tipo de terreno, a busca pelo turismo de aventura no local, contribui através dos recursos naturais que a natureza ali fornece, como: rapel, rafting, trilhas, entre outros.

Além disso, o município está localizado sobre a estrutura geológica denominada arco de Ponta Grossa, composto por diversos e constantes diques de rochas ígneas básicas, que alimentaram todo o derrame basáltico. Em consequência da formação geológica, o solo é ácido, composto por rochas ígneas básicas, isto é, rochas escuras e pobres em sílica, mas ricas em ferro e magnésio. Este tipo de solo requer correção com calcário para a viabilização da atividade agrícola. Nesse contexto de características de solo e relevo, a atividade econômica predominante no município desenvolveu-se em torno da apicultura e pecuária. Segundo dados da ADAPAR (2018), Ortigueira apresenta a maior concentração de cabeças de gado do Paraná, contando com mais de 159 mil.

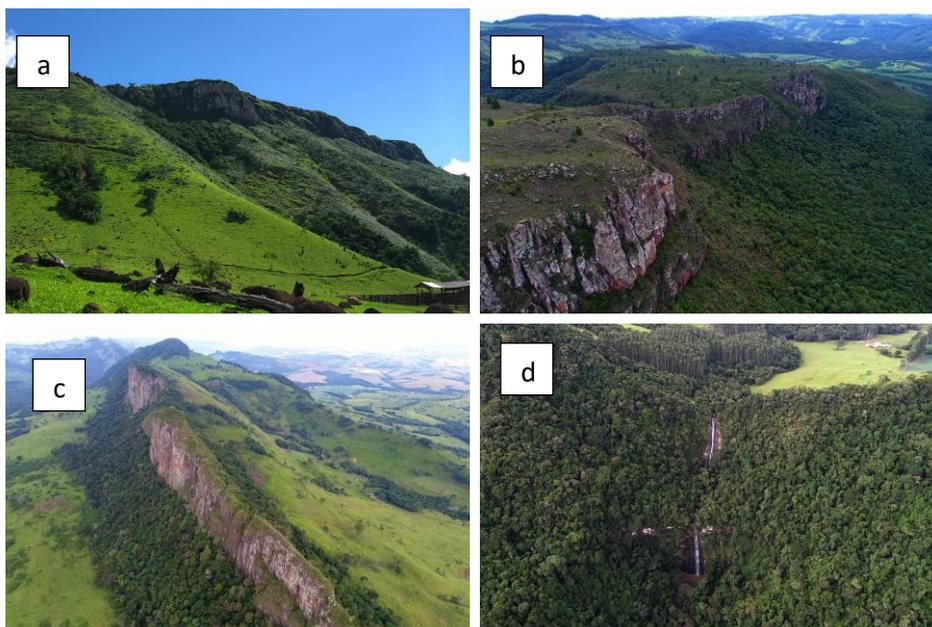


Figura 45. a) Face leste da Serra Grande. b) Pedra Branca. c) Serra Pelada. d) Cachoeira Véu de Noiva (Fonte de imagem: Viaje Paraná - Secretaria da Comunicação Social).

PALMEIRA

O município de Palmeira está localizado na borda Leste do Segundo Planalto Paranaense e abrange, geologicamente, os grupos Paraná, Itararé e Guatá. Segundo a Revisão do Plano Diretor Municipal (2018), grande parte do território do município apresenta um relevo com topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas com vales em U. Na região leste do município, o relevo se caracteriza por áreas mais aplainadas, vertentes convexas e vales em calha muito bem encaixados. Além disso, o município apresenta potencial geoturístico, sendo o principal atrativo as “Estrias Glaciais” existentes, na localidade de Witmarsum, que serão mais detalhadas no capítulo Geodiversidade e Patrimônio Geológico do presente relatório. Outros atrativos são as “Fendas de Witmarsum”, a Gruta do Cercado e os afloramentos rochosos de Benfica (Figura 46-a e b).

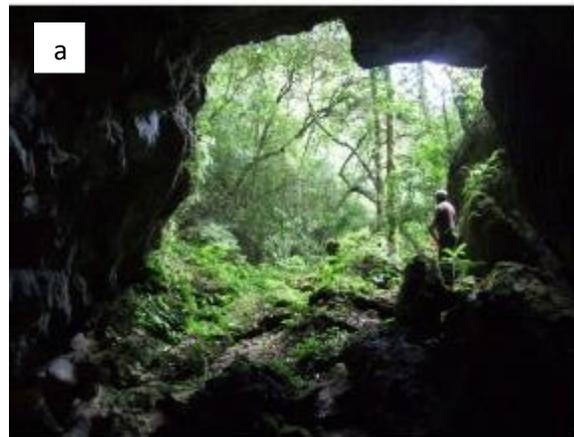


Figura 46. a) Gruta do Cercado. b) Afloramentos de rochas sedimentares do Itararé em Benfica (Fonte de imagem: Prefeitura de Palmeira).

PIRAÍ DO SUL

Piraí do Sul insere-se num contexto geológico diversificado e de relativa complexidade. Estando dividido entre o Primeiro e o Segundo Planalto Paranaense, o município apresenta diversas compactações litológicas. Na região noroeste, as formações Ponta Grossa e Furnas são as mais presentes. Na região central e sudeste, existe uma intercalação de rochas do Grupo Castro, do Açungui e do Complexo Granítico Cunhaporanga, além de intrusões básicas.

Segundo dados da Prefeitura Municipal, a área urbana de Piraí do Sul está assentada sobre as rochas sedimentares do Grupo Castro, numa região de topografia irregular, onde são comuns terrenos com gradientes topográficos muito acentuados (que ultrapassam 17%), e áreas planas ou deprimidas, sujeitas à inundação. Devido à natureza sedimentar desses terrenos, bem como à atuação de processos intempéricos, o manto de alteração pode atingir vários metros de profundidade, podendo oferecer riscos relacionados a escorregamentos ou a estabilidade de taludes, principalmente quando da execução de cortes para construções ou para implantação de ruas e estradas.

A região com maiores taxas de declividade, está localizada a sudeste do perímetro urbano, onde ocupa a Floresta Nacional de Piraí do Sul. O relevo desse terreno é condicionado por rochas do Grupo Açungui.

PONTA GROSSA

Segundo o Plano Diretor do município, “Ponta Grossa” é a denominação de uma elevação de destaque na região. Ela compõe-se de uma sequência de estratos da formação geológica de Ponta Grossa, diques de diabásio e até elementos da Formação Itararé. A Ponta Grossa localiza-se ao lado Leste da estrutura rebaixada, denominada de Graben de Ponta Grossa (Figura 47), numa falha tectônica que permitiu a intrusão de material magmático. Com maior elevação nesta área, a Ponta Grossa é o centro irradiador de vários rios que cortam a paisagem por todos os lados do morro.

Grande parte do perímetro urbano do município está localizado sobre a área baixa do Graben de Ponta Grossa. Essa feição é dominada por falhas gravitacionais com um bloco central abatido. A estrutura é fechada no Norte por várias falhas. Nessa região, as encostas aparecem visivelmente na paisagem urbana (por exemplo perto da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa ou nos Trevos da Nova Rússia e da Santa Paula). Essa característica geológica do município resulta em um relevo bastante acidentado facilitando o



surgimento de vales profundos e conseqüentemente a exposição do lençol freático. Por esse motivo, o município apresenta uma hidrografia bastante abundante.

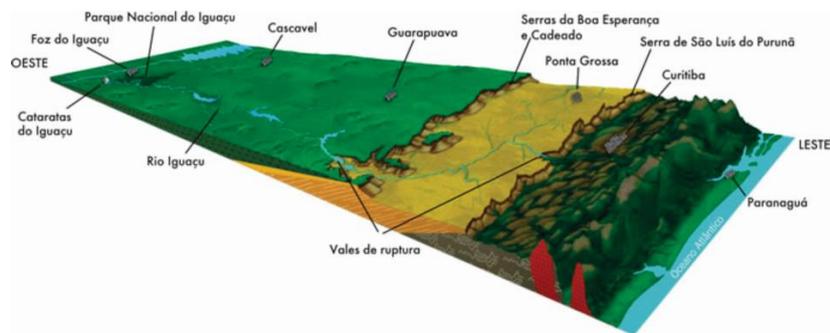


Figura 47. Bloco diagrama do perfil do Graben Ponta Grossa (Fonte de imagem: Marcelo Minirini Criação Digital).

PORTO AMAZONAS

Porto Amazonas está inserido inteiramente no contexto do Segundo Planalto Paranaense. O território do município exibe, em sua maioria, rochas sedimentares provenientes do Grupo Itararé e do Grupo Paraná. Além disso, a região apresenta um relevo suave e ondulado, característico de planaltos sedimentares, com ocorrência de colinas planas e, secundariamente, colinas dissecadas. Em contrapartida, ao sul do município, o relevo apresenta-se mais acentuado próximo às margens do rio Iguaçu.



Figura 48. Perímetro urbano de Porto Amazonas, destaque para o rio Iguaçu na margem esquerda (Fonte de imagem: Gazeta de Palmeiras).

Segundo dados históricos da Prefeitura de Porto Amazonas, com a falta de estradas, o rio Iguaçu (Figura 48) teve forte influência para a ocupação da região. A navegação incrementou a colonização, o comércio e o desenvolvimento. Nesse sentido, com o tempo foram surgindo várias cidades ao longo do Rio Iguaçu, beneficiando especialmente Porto Amazonas que era um dos portos mais próximos da que viria ser no futuro a capital da província, Curitiba.

RESERVA

O município de Reserva está localizado na parte central do Segundo Planalto Paranaense. Dentre suas características geológicas, o município apresenta rochas do Grupo Passa Dois, principalmente das formações Teresina e Rio do Rastro, em grande parte do seu território. Além disso, pode-se destacar um contexto geológico mais diversificado na região leste, contendo rochas do Grupo Guatá e intrusões básicas da formação Serra Geral.

Segundo diagnóstico da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, um dos grandes problemas da região é a erosão do solo. Devido à geologia com a predominância de siltitos e argilitos do Grupo Passa Dois e ao manejo inadequado dos solos, é frequente a deposição de sedimentos nos recursos hídricos, causando em algumas situações o assoreamento dos mesmos. A necessidade constante em aumentar a produção agrícola tem levado os agricultores a desmatar bem próximo do leito dos rios, não respeitando, muitas vezes, a mata ciliar. Estima-se que pelo menos 40% das áreas de mata ciliar necessitam de intervenção para a sua recuperação.



SÃO JOÃO DO TRIUNFO

O município de São João do Triunfo, localizado na parte central-sul do Segundo Planalto Paranaense, exhibe rochas do Grupo Itararé e do Grupo Guatá em grande parte da sua região. As estruturas geológicas, como falhas e fraturas, condicionam o relevo e, conseqüentemente, os cursos das drenagens. Na sua grande maioria, os rios do município apresentam o fluxo em direção ao Rio Iguaçu (Figura 49).



Figura 49. Vila Palmira, no município de São João do Triunfo, banhado pelo rio Iguaçu (Fonte de imagem: Viaje Paraná - Secretaria da Comunicação Social).

Os cursos d'água pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Turvo, localizado na porção sudoeste do município, têm como escoamento a direção Nordeste-Sudoeste.

Além disso, sedimentos quaternários inconsolidados ocorrem principalmente como depósitos aluviais e depósitos de origem gravitacional ou coluvial, no município. Os depósitos aluviais mais expressivos ocorrem principalmente nas planícies de inundação de grandes rios, que drenam o município, como os rios Iguaçu e da Vargem. Os depósitos aluviais acumulados, na planície de inundação (várzea) do rio Iguaçu, são predominantemente arenosos e com estreitas intercalações de camadas lenticulares argilosas, as acumulações aluviais ocorrentes no Rio da Vargem são predominantemente, argilosos com intercalações lenticulares arenosas. Os depósitos aluviais do Rio Iguaçu constituem um potencial muito grande de areia. Porém, por estarem localizados em área de várzea, ou seja, em área de preservação permanente, recomenda-se que a lavra deste minério esteja respaldada em estudos técnicos que comprovem a viabilidade ambiental da exploração.



SENGÉS

Segundo Spoladori & Cottas (2005), aproximadamente metade do território pertencente ao município de Sengés está situado no Primeiro Planalto Paranaense, enquanto que a outra parte está localizada no Segundo Planalto. A passagem entre estes dois grandes compartimentos geomorfológicos é caracterizada por linha de *cuesta*, bem marcada e definida. Nas áreas de afloramento do Arenito Furnas, são comuns os cânions, gaps, abismos e fendas, rios subterrâneos e outras formas típicas do carste em arenito. O próprio Rio Itararé, que serve como divisa entre São Paulo e Paraná, apresenta vários trechos subterrâneos, originados por cavernas como a Gruta da Barreira, uma atração turística local (Figura 50).

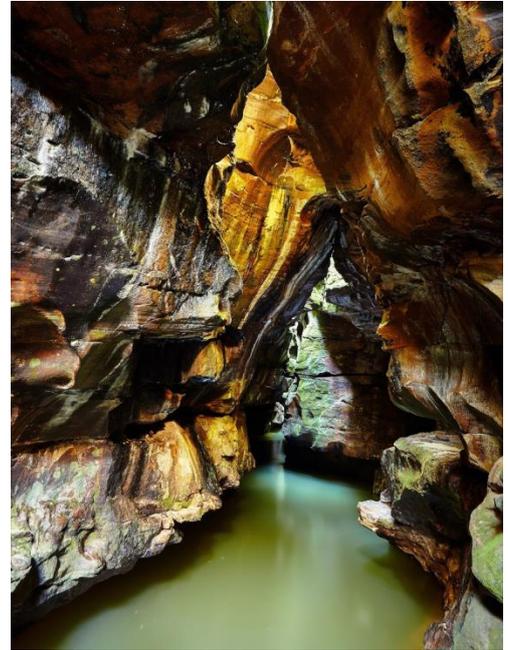


Figura 50. Formação arenítica em volta do Rio Itararé, que divide o Paraná de São Paulo (Fonte de imagem: Viaje Paraná - Secretaria da Comunicação Social).

Além disso, as cavernas naturais desenvolvidas em litologias areníticas das diferentes unidades litestratigráficas da Bacia Sedimentar do Paraná são comuns. A gênese e o desenvolvimento das mesmas estão respectivamente relacionados com a dissolução da sílica e com o fraturamento impresso na rocha.

No domínio do Segundo Planalto Paranaense, o município apresenta relevo com vales encaixados e áreas relativamente planas. As encostas oscilam entre convexas e retilíneas. No domínio do Primeiro Planalto Paranaense (embasamento da Bacia Sedimentar do Paraná), o relevo é mais movimentado, com elevações bruscas e vales encaixados. Pode-se observar facilmente uma orientação marcante dos diferentes elementos de relevo.

TELÊMACO BORBA

O município de Telêmaco Borba, localizado na região norte da AMCG, está inserido no contexto do Segundo Planalto Paranaense. A geologia é caracterizada por rochas sedimentares do Grupo Itararé e do Grupo Guatá, além de intrusões básicas na forma de soleiras de diabásio.

Em relação ao relevo, grande parte do território apresenta altitudes variando entre 560 e 1.080 m. As formas predominantes são topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em U. A porção noroeste do município se diferencia por apresentar relevo com topos alongados e em cristas, vertentes retilíneas e vales em V.

As áreas com declividade acentuada (Figura 51), no perímetro urbano de Telêmaco Borba, se encontram nos talwegues dos principais cursos d'água (Figura 43), como na região norte, próxima a região do Aeroporto e nas proximidades da PR-160. Essas áreas apresentam declividade acima dos 30% e estão associadas ao leito maior do Rio Tibagi.

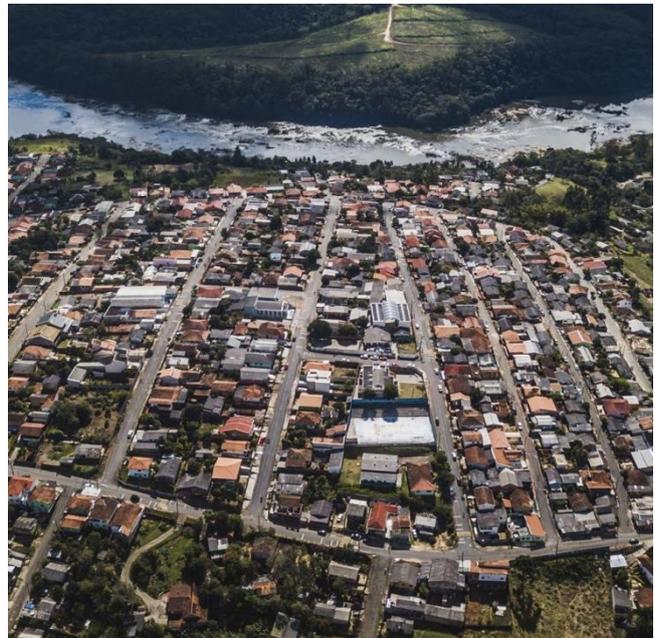


Figura 51. Bairro da Vila Esperança na região norte do município de Telêmaco Borba. Terrenos com maiores declividades na borda do rio Tibagi (Fonte de imagem: Prefeitura de Telêmaco Borba).

TIBAGI

Tibagi também está localizado no Segundo Planalto Paranaense e apresenta rochas do Grupo Itararé (região oeste) e do Grupo Paraná (região central e leste). Além disso, associações vulcânicas do Grupo Castro e diques básicos são bastante evidentes na porção mais a leste do município. O perímetro urbano está situado no encontro das formações Furnas e Ponta Grossa, sendo perceptível a transição dos tipos de solos (cambissolo e latossolo vermelho-escuro) formados a partir das rochas.

O perfil geomorfológico do município é caracterizado por 70% de áreas com declividade média a alta (marcado pelas rochas da Bacia do Paraná) e 30% de áreas planas ou suavemente onduladas (arenitos da formação Furnas). Além disso, a amplitude das cotas varia entre 1.236 m, na cabeceira do Rio do Sabão e 680 m na barra do Rio Faisqueira com o Rio Tibagi (Figura 52-a).

Na porção nordeste do território, a fratura do tipo *rift valley* acomoda o curso do Rio Iapó e parte do Rio Tibagi, onde é possível deslumbrar o principal ponto turístico da geodiversidade, o Cânion do Guartelá (Figura 52-b), na divisa com o município de Castro.



b



Figura 52. a) Município de Tibagi cortado pelo Rio Tibagi. b) Cânion do Guartelá (Fonte de imagem: Viaje Paraná - Secretaria da Comunicação Social).



VENTANIA

O território municipal encontra-se sobre três formações geológicas distintas, sendo a maior parte pertencente ao Grupo Itararé. As outras formações (Ponta Grossa e Furnas) correspondem à porção sul do território municipal. O contato entre as duas formações do Grupo Paraná exibe uma zona de escarpamento, que pode ser observada a partir da estrada que liga Ventania a Piraí do Sul. Além disso o município se encontra no Segundo Planalto Paranaense.

A topografia de Ventania é caracterizada por relevo mais aplainados, principalmente na porção correspondente à Bacia do Rio Tibagi (região sul), e suavemente ondulada em grande parte do território, incluindo o perímetro urbano (Figura 53). Algumas regiões podem atingir maior declividade, como a porção que coincide com a Bacia do Rio das Cinzas (região central e norte).



Figura 53. Perímetro urbano de Ventania com relevo suavemente ondulado (Fonte de imagem: Câmara Municipal de Ventania).

REGISTRO FOSSILÍFERO

A paleontologia é a área do conhecimento dedicada ao estudo da evolução da vida na Terra. Um dos principais objetos de estudo dessa ciência são os fósseis, restos ou vestígios de organismos pré-históricos preservados principalmente em rochas sedimentares (argilitos, arenitos, siltitos e calcários). O reconhecimento, descrição e estudo dos fósseis é muito importante para determinar o ambiente onde os sedimentos se depositaram, além de ajudar na reconstrução dos paleoambientes e da história do planeta.

O processo de fossilização normalmente ocorre quando restos ou vestígios de animais e vegetais (Figura 54-a) são soterrados por camadas de sedimentos (Figura 54-b). Estas camadas podem ser formadas por partículas liberadas fisicamente de rochas preexistentes ou de sais (principalmente carbonatos e fosfatos) precipitados quimicamente no fundo de lagos, mares e oceanos. Com a passagem do tempo



geológico, os sedimentos transformam-se em rochas sedimentares e os restos de seres vivos são petrificados (Figura 54-c), por meio de processos de substituição da matéria orgânica por sílica, carbonato, fosfato e outros minerais, inclusive metálicos. Desta forma, os restos orgânicos são preservados dentro das rochas, nos detalhes mais íntimos das suas estruturas, mas a sua composição já é a mesma das rochas que os contêm. Por fim, devido aos movimentos tectônicos e a erosão das rochas o fóssil pode aflorar (Figura 54-d).

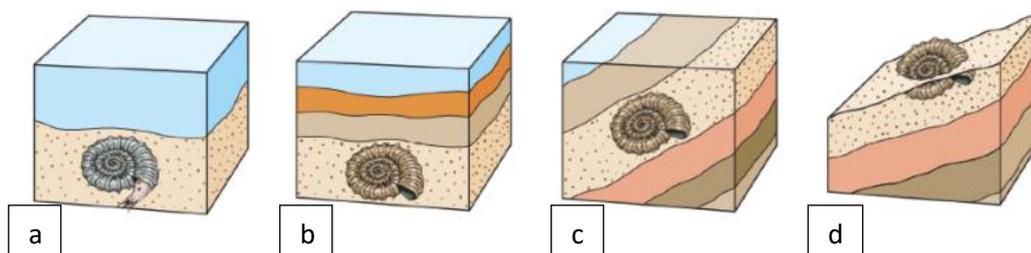


Figura 54. Exemplo de fossilização de uma amonite (grupo extinto de moluscos cefalópodes). a) O organismo morre e se deposita no fundo marinho e passa pelo processo de decomposição das partes moles deixando apenas a carapaça. b) Sedimentos cobrem os vestígios do organismo ao decorrer do tempo geológico. c) Os sedimentos e os vestígios dos organismos passam por processos fisioquímicos durante milhões de anos tornando-se rocha. d) Os processos tectônicos, movimentos de massa juntamente com a erosão e os fatores antrópicos podem aflorar os fósseis (Fonte de imagem: Royal R).

Diante da grande importância científica e cultura dos fósseis, o Decreto-Lei Federal 4.146/42 dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos, como patrimônio natural da humanidade. Segundo o decreto, os depósitos fossilíferos são propriedade da Nação, e, como tais, a extração de espécimes fósseis depende de autorização prévia e fiscalização da ANM (Agência Nacional de Mineração).

FÓSSEIS NA AMCG

A região dos Campos Gerais apresenta afloramentos rochosos excêntricos, considerados um dos “laboratórios naturais” mais investigados da paleontologia brasileira. Segundo Bosetti *et al.* (2010) essa região contém inúmeros trabalhos sobre a riqueza e singularidade do seu conteúdo fossilífero, em especial do período geológico denominado Devoniano. A figura 55 apresenta a distribuição de alguns fósseis da AMCG (Figura 56) localizados no arco das formações sedimentares do Paraná.

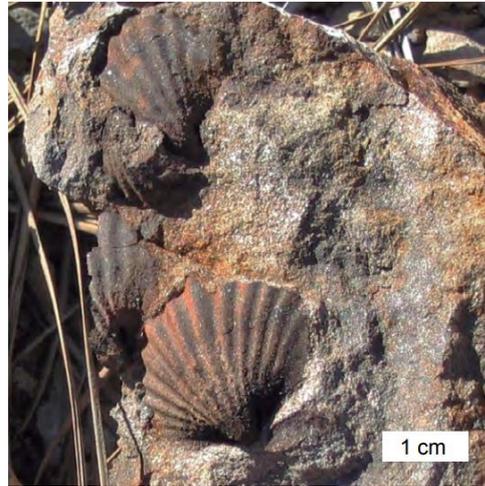
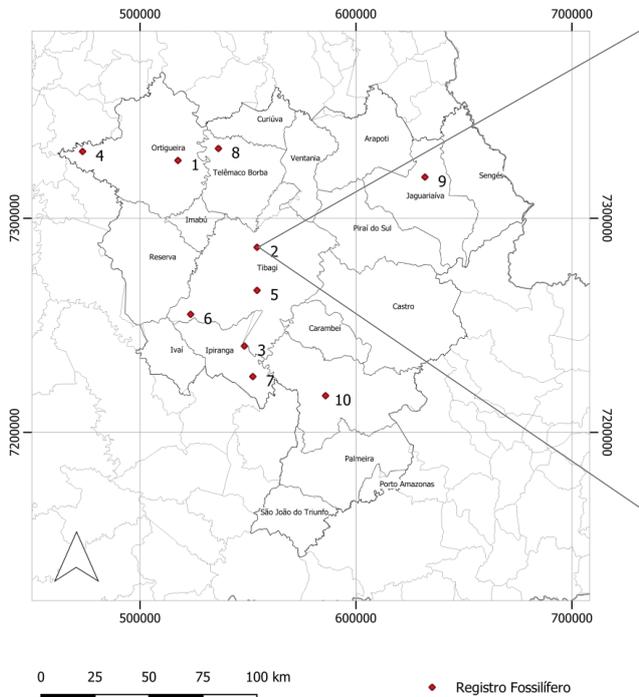


Figura 55. Localização de importantes registros fossilíferos na AMCG. 1) Crustáceo; 2) Braqueópode; 3) Braqueópode; 4) Vegetal arborecente; 5) Trilobita; 6) Vegetal (Samambaia extinta); 7) Braquiópode; 8) Pelecípode (Molusco bivalve); 9) Diferentes tipos de invertebrados; 10) Equinodermos (Fonte de imagem: Sedor).

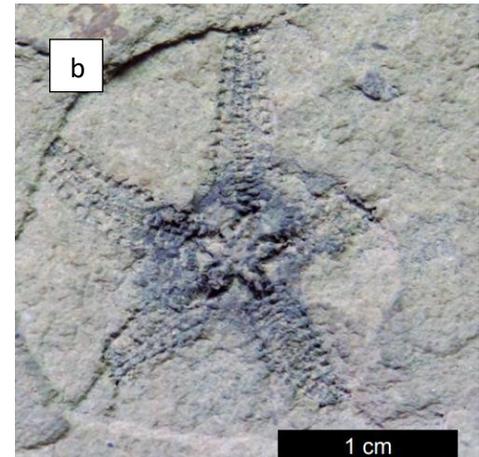


Figura 56. Imagem representativa dos fósseis encontrados na AMCG. a) *Glossopteris sp.*; b) *Equinodermos* (Fonte de imagem: Sedor).

GEODIVERSIDADE E PATRIMÔNIO GEOLÓGICO

Geodiversidade designa a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos geradores de paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que constituem a base para a vida na Terra, conforme definição da Royal Society for Nature Conservation, da Inglaterra. Este conceito apresenta um paralelo com a biodiversidade, pois enquanto esta congrega todas as espécies e seres vivos do planeta e é uma consequência da evolução, a geodiversidade refere-se ao arcabouço terrestre que sustenta a vida. Cada parte do planeta apresenta uma geodiversidade própria e pode ser considerada numa grande amplitude, desde a escala microscópica como na constituição de alguns minerais, até a escala das maiores feições do nosso planeta, como as cordilheiras.

O inventário da geodiversidade de um local e a seleção de sítios representativos da sua história geológica refletem os primeiros passos na determinação do patrimônio geológico, que formará a base para a geoconservação e o geoturismo.

O conceito de **patrimônio geológico**, segundo Brilha (2014), refere-se a (i) ocorrências de elementos de geodiversidade *in situ* com alto valor científico, denominados geossítios, e (ii)



elementos de geodiversidade *ex situ* que, apesar de serem deslocados a partir de sua localização natural de ocorrência, mantenha um alto valor científico (por exemplo, minerais, fósseis e rochas disponíveis para pesquisa em coleções de museus), caracterizados como elementos da geoconservação.

Dentro dos limites da Associação de Municípios dos Campos Gerais, as peculiares características geológicas contidas refletem uma variedade única e multifacetada de atrativos do patrimônio geológico do estado. A região da AMCG apresenta diversas cachoeiras, cânions, cavernas e sítios paleontológicos que fazem parte das riquezas naturais da humanidade e demandam discussões e, principalmente, políticas públicas para a sua conservação (Figura 57).

Para efetiva proteção destes recursos são necessárias medidas legais que assegurem a sua integridade frente às ameaças que vem sofrendo. Muitos países, já possuem leis específicas que visam proteger os elementos mais relevantes da geodiversidade nacional. No Brasil, existem alguns instrumentos jurídicos que podem ser utilizados para enquadrar a proteção do patrimônio geológico. No entanto, as leis nacionais apontam majoritariamente a proteção da biodiversidade, e abordam os recursos abióticos de maneira secundária (Pereira *et al.*, 2008).

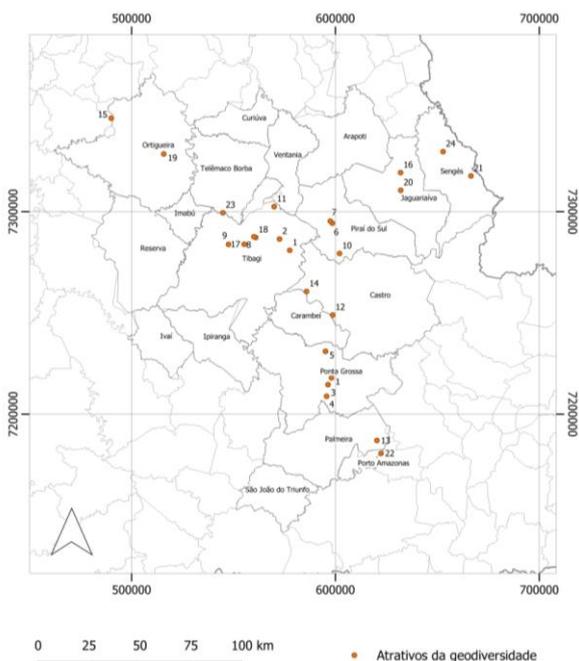


Figura 57. Distribuição de atrativos da geodiversidade da AMCG (Fonte de dados: Paraná Turismo)

- (1) A **Furna do Buraco do Padre** está localizada no Município de Ponta Grossa e apresenta em seu interior uma imponente cascata de 30m, formada pelo Rio Quebra Perna. Trata-se de uma espécie de anfiteatro subterrâneo (Figura 58-a).
- (2) O **Cânion do Guartelá** está inserido no Parque Estadual do Guartelá, entre os municípios de Tibagi e Castro. O atrativo é um desfiladeiro retilíneo, com cerca de 30 km de extensão e desnível máximo de 450 metros com notáveis exposições dos arenitos devonianos (Figura 58-b).



(3) Os arenitos do Parque Estadual de **Vila Velha** constituem um sítio geológico situado no município de Ponta Grossa. As formações de rochas sedimentares formam estruturas circulares, com cerca de 80 metros de diâmetro, e contam a história da Terra (Figura 58-c).

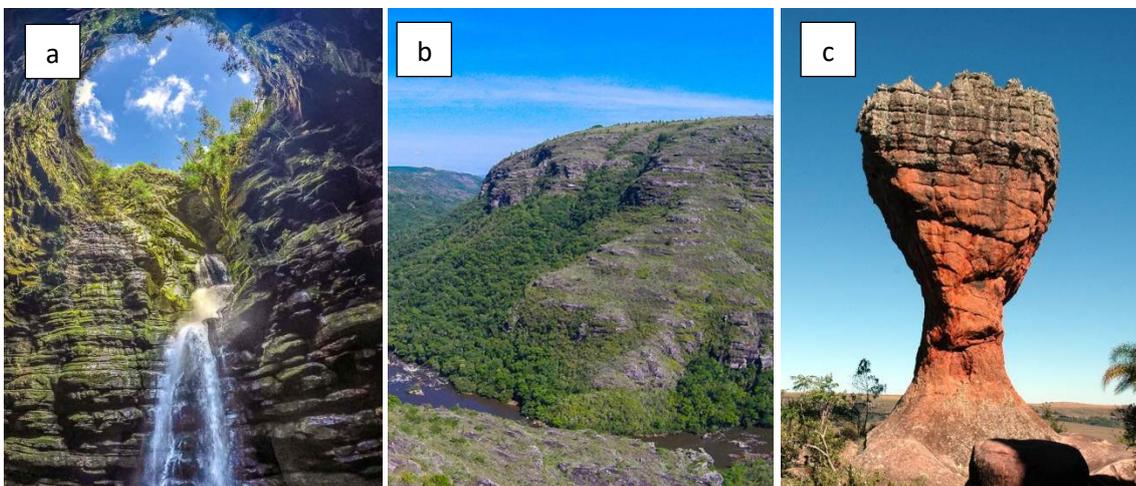


Figura 58. a) Furna do Buraco do Padre; b) Cânion do Guartelá; c) Vila Velha (Fonte de imagens: Maurício Oliveira, Viagens e Caminhos, Viagem e Turismo).

- (4) A **Lagoa Dourada**, localizada no município de Ponta Grossa, possui 320 metros de diâmetro e, no máximo, 3 metros de profundidade e tem a mesma origem das Furnas. Há uma ligação subterrânea entre elas através de um lençol freático. O nível das águas é o mesmo das Furnas, no entanto, um desnível do solo a transforma em crateras profundas (Figura 59-a).
- (5) A **Cachoeira de Santa Bárbara** também conhecida como Cachoeira do Rio São Jorge, está incluída no curso inferior da bacia do Rio São Jorge, no município de Ponta Grossa. Além da importância paisagística, o atrativo constitui relevância científica, sendo o contato entre rochas do embasamento, com rochas glaciogênicas siluro-ordovicianas (Figura 59-b).
- (6) O **Cânion Palmeirinha** situado em Piraí da Serra, no município de Piraí do Sul, esse atrativo é um dos representantes das feições tectônicas dos Campos Gerais ligadas à evolução do Arco de Ponta Grossa. Este marcante controle estrutural condiciona a drenagem, com diques, falhas e fraturas, encaixando rios importantes da região (Figura 59-c).

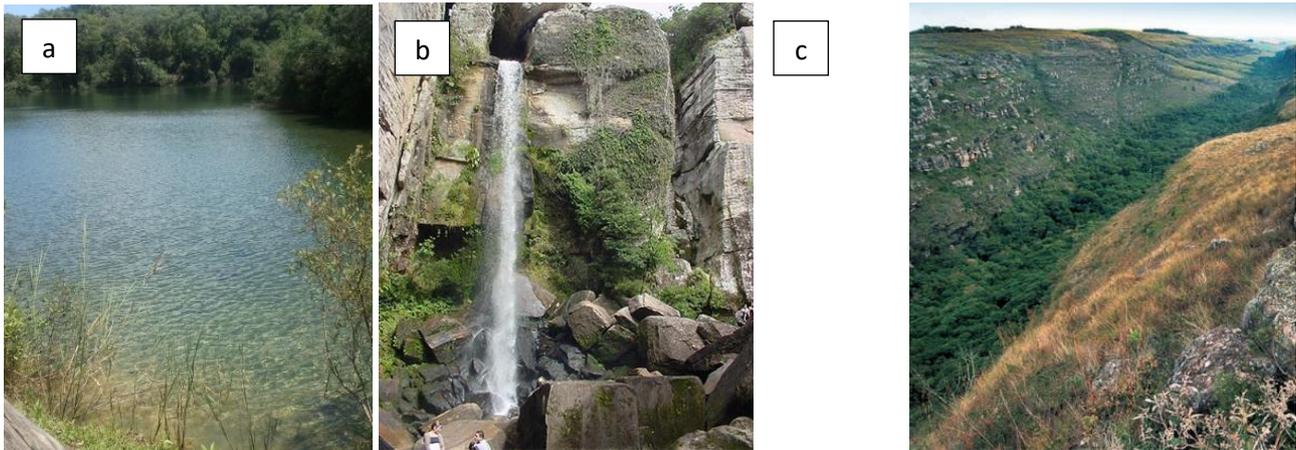


Figura 59. a) Lagoa Dourada; b) Cachoeira de Santa Bárbara; c) Cãnion Palmeirinha (Fonte de imagens: Cristine Busch e Antonio Liccardo).

(7) A **Cachoeira da Paulina**, também localizada em Piraí do Sul, no contexto geológico do Cãnion Palmerinha, possui uma queda com 60 metros de altura sobre arenitos da Formação Furnas e é cercada por uma praia de areia branca (Figura 60-a).

(8) O **Mirante do Rio Tibagi**, localizado no município de Tibagi, oferece um panorama dos processos geológicos, por meio de uma paisagem repleta de meandros do Rio Tibagi e as exposições do leito rochoso (corredeiras) em conglomerados da Formação Furnas (Figura 60-b).

(9) O **Salto Santa Rosa** está localizado no município de Tibagi e se configura como uma quedada abrupta do relevo em arenito, do Grupo Itararé, em contato com dique de diabásio. A queda d'água é formada pelo Rio Santa Rosa e possui cerca de 60 m de altura (Figura 60-c).

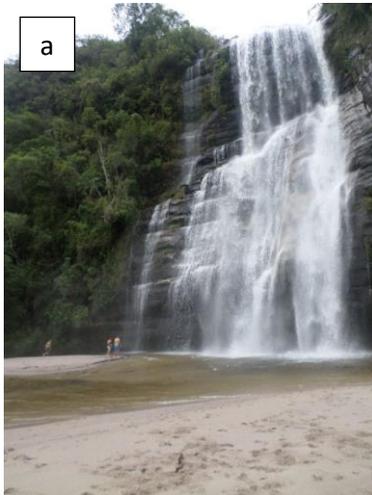


Figura 60. a) Cachoeira da Paulina; b) Mirante do Rio Tibagi; c) Salto Santa Rosa (Fonte de imagens: Aldo E., Mapio).

(10) A **Pedreira Malucelli** está localizada em Tirania no município de Pirai do Sul. O atrativo é uma pedreira a céu aberto desativada, com exposição de uma frente de lavra, com aproximadamente 36 metros de altura. A porção central é ocupada pela exposição do nível freático da água, com águas límpidas de tons esverdeados (Figura 61-a).



(11) A **Pedreira Fortaleza**, localizada em Tibagi próximo ao limite municipal com Ventania, é um atrativo que mistura a beleza paisagística com a história da geologia paranaense. Assim como a Pedreira Malucelli, este atrativo apresenta também uma atraente lâmina d'água resultante do preenchimento do lençol freático (Figura 61-b).

Figura 61. a) Pedreira Malucelli; b) Pedreira Fortaleza (Fonte de imagens: PGCG e Antonio Liccardo).

(12) A **Pedreira de Ferro** é uma antiga pedreira a céu aberto para extração de minério de ferro no século XX, localizada no município de Castro.

(13) As **Estrias Glaciais de Witmarsum** estão localizadas na Colônia Witmarsum, município de Palmeira. Segundo Guimarães et al. (2012) essa região trata-se de um pavimento rochoso do Arenito Furnas com estrias/sulcos e cristas formados pelo deslocamento de geleiras durante a Glaciação Permo-carbonífera, há aproximadamente 300 milhões de anos, acompanhado de tilitos do Grupo Itararé (Figura 62-a).

(14) O **Estratótipo Formação Iapó**, localizado no município de Castro, apresenta um enorme valor científico-didático, pois se configura como uma das poucas localidades onde a Formação geológica Iapó aflora. Essa formação é descontínua e de pouca espessura na borda leste da Bacia do Paraná, tornando o afloramento nessa região uma referência para o reconhecimento dos atributos dessa formação (Figura 62-b).



(15) A **Serra do Cadeado**, localizada entre os municípios de Mauá da Serra, Faxinal e Ortigueiras, apresenta um atrativo de alto valor paleontológico. Os afloramentos dessa região apresentam rochas de idade permiana, relacionadas à Formação Rio do Rasto repletas de registros fossilíferos (Figura 62-c). Além disso, essa região é uma área de transição entre o Segundo e o Terceiro Planalto paranaense.

(16) O **Sítio Jaguariaíva**, localizado no município de Jaguariaíva, apresenta afloramentos de rochas da Formação Ponta Grossa, com importante valor paleobiogeográfico. Estes afloramentos são ricos em fósseis de invertebrados marinhos devonianos. Os principais fósseis encontrados são moluscos, trilobitas, crinóides, braquiópodes, Conulata e Tentaculitoidea (Figura 62-d).



Figura 62. a) Estrias Glaciais de Witmarsum; b) Estratótipo Formação Iapó; c) A Serra do Cadeado; d) Sítio Jaguariaíva (Fonte de imagens: SIGEP e Antonio Liccardo).

d



(17) Os **Fósseis Devonianos**, no município de Tibagi, são considerados um dos mais estudados do Brasil. Nesta região, vista como um dos “laboratórios naturais” da paleontologia do Brasil, os afloramentos são formados por rochas pelíticas da Formação Ponta Grossa, com ocorrências de fósseis de invertebrados da fauna Malvinocáfrica (Figura 63-a).



(18) O **Contato Geológico Formação Furnas - Formação Ponta Grossa**, localizado no município de Tibagi, é uma região de alto valor científico geológico. O contato das rochas de arenitos da Formação Furnas, com pelitos da Formação Ponta Grossa, se estendem ao longo de corte de rodovia PR-340 (Figura 63-b).



(19) O **Salto Dito Gardiano** é uma cachoeira localizada no município de Ortigueira. Nesta mesma região, é possível acessar diversas outras cachoeiras com alto valor natural e turístico (Figura 63-c).



Figura 63. a) Fósseis Devonianos; b) Contato Geológico Formação Furnas - Formação Ponta Grossa; c) Salto Dito Gardiano. (Fonte de imagens: Antonio Liccardo).



(20) O **Parque Estadual Vale do Codó** ou **Canion do Rio Jaguariaíva** está localizado no município de Jaguariaíva. É uma área dedicada à preservação de campos nativos, campos rupestres, cerrado e ecossistemas associados, além dos remanescentes de Floresta de Araucária (Figura 64-a).

(21) A **Cachoeira do Corisco**, localizada no município de Sengés, possuiu a maior queda d'água da região, com aproximadamente 106 metros. A cachoeira oferece um enorme espetáculo, ao precipitar suas águas cristalinas sobre um lajeado escuro (figura 64-b).

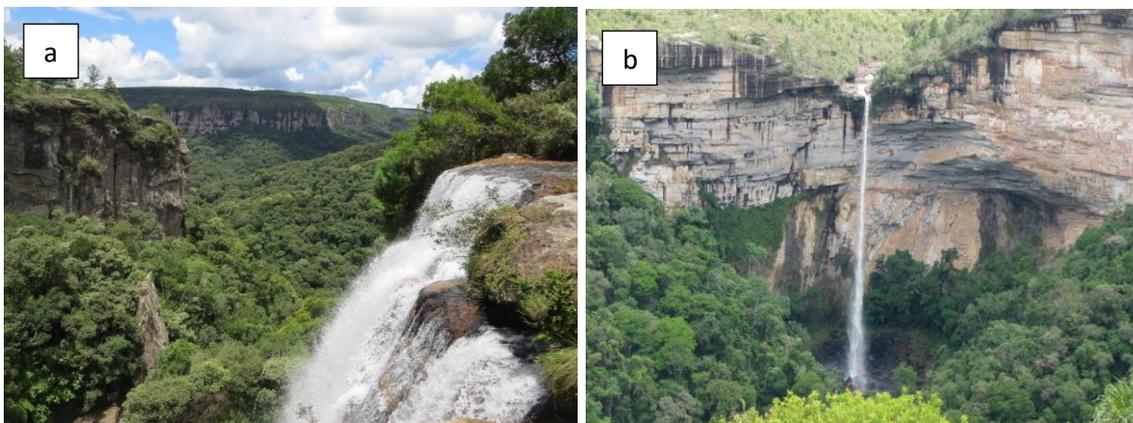


Figura 64. a) Cachoeira do Panelão; b) Cachoeira do Navio (Fonte de imagens: Esteves e Prefeitura de Sengés).

(22) A **Cachoeira do Panelão**, localizada no município de Porto Amazonas, possui uma queda d'água de 13 metros cercado de piscinas naturais de água límpida e diversas cascatas menores (Figura 65-a).

(23) O **Salto da Conceição** está localizado na divisa dos municípios de Telêmaco Borba e Tibagi. A queda d'água está situada em uma curva do Rio Tibagi. A cachoeira cai num desnível de aproximadamente 20 metros.

(24) A **Cachoeira do Navio**, situada no município de Sengés, recebe este nome devido a uma rocha no formato de navio, próxima à sua base. Embora não ofereça grandes quedas, possui uma beleza particular de águas cristalinas (Figura 65-b).



Figura 65. a) Cachoeira do Panelão; b) Cachoeira do Navio (Fonte de imagens: Esteves e Prefeitura de Sengés).

ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL (APA) ESCARPA DEVONIANA

Como forma de proteger a geobiodiversidade da região dos Campos Gerais, a Área de Proteção Ambiental (APA) da Escarpa Devoniana foi criada, por meio do Decreto Estadual nº 1.231, de 27/03/1992. Esse decreto tem o objetivo de assegurar a proteção do limite natural entre o Primeiro e o Segundo Planalto Paranaenses (Figura 66), inclusive a faixa de Campos Gerais, que se constitui um ecossistema peculiar que alterna capões da floresta de araucária, matas de galerias e afloramentos rochosos, além de locais de beleza cênica como os cânions e de vestígios arqueológicos e pré-históricos.

As Áreas de Preservação Ambiental são caracterizadas por serem, em geral, extensas, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Preservação é trabalho inerente à sociedade e demanda planejamento e gestão. A legislação proíbe mais facilmente do que promove a gestão. Estes instrumentos, como o zoneamento, leis e decretos restritivos e proibitivos são necessários, mas não são suficientes. O Poder Público, em suas diferentes escalas, deve intermediar os interesses econômicos, sociais e ambientais, atuais e futuros, para a promoção



de atividades e usos convenientes aos diferentes segmentos sociais. Deve também, ficar em mente, que o apoio de organizações governamentais e não governamentais é essencial, mas elas não podem nunca substituir o papel do Estado.

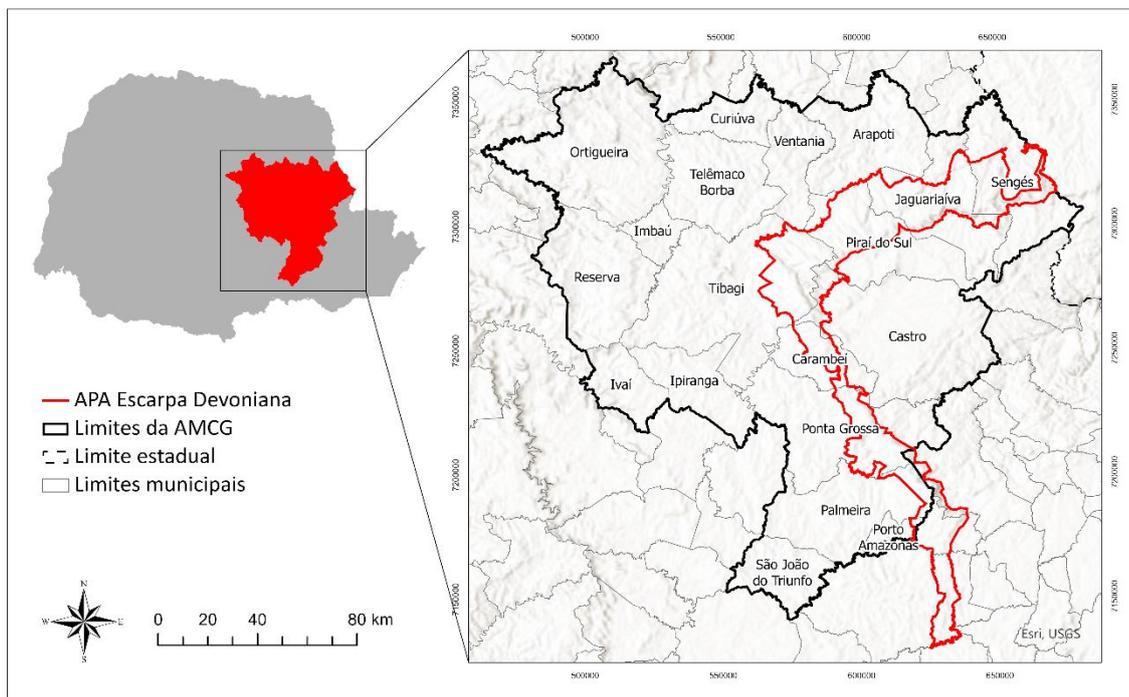


Figura 66. Limites da Área de Preservação Permanente (APA) Escarpa Devoniana.

Para maiores informações referentes à APA Escarpa Devoniana, acesse:

<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Plano-de-Manejo-Area-de-Protecao-Ambiental-da-Escarpa-Devoniana>

RISCO GEOLÓGICO

Em geral, os riscos naturais dizem respeito à probabilidade de um fenômeno natural afetar negativamente os seres humanos, outros animais e/ou o meio ambiente. Dentro dessa perspectiva, o risco geológico pode ser definido como todo processo, situação ou evento no meio geológico, de origem natural, induzida ou mista, que pode gerar um dano econômico ou social para alguma comunidade, e em cuja previsão, prevenção ou correção há de se empregar critérios geológicos (CARCEDO, 1987).

Uma forma sintetizada de se expressar o risco geológico é através da fórmula:

$$\text{Risco Geológico (R)} = \text{Probabilidade (P)} \times \text{Consequências (C)}$$

Desse modo, o risco será considerado baixo quando P e C forem baixos. Por outro lado, à medida que P ou C aumentam, o risco é potencializado e, assim, se P e C são elevados simultaneamente o risco associado aumenta demasiadamente.

De acordo com Oliveira (2010), os escorregamentos (Figura 67) são considerados os acidentes geológicos que mais têm provocado perda de vidas humanas em áreas urbanas no Brasil. Caracterizam-se por movimentos rápidos, bruscos, com limites laterais e profundidades bem definidas. Podem envolver solo, solo e rocha ou apenas rocha. Sua geometria pode ser circular, planar ou em cunha, em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais envolvidos, os quais condicionam a formação de superfícies de ruptura.

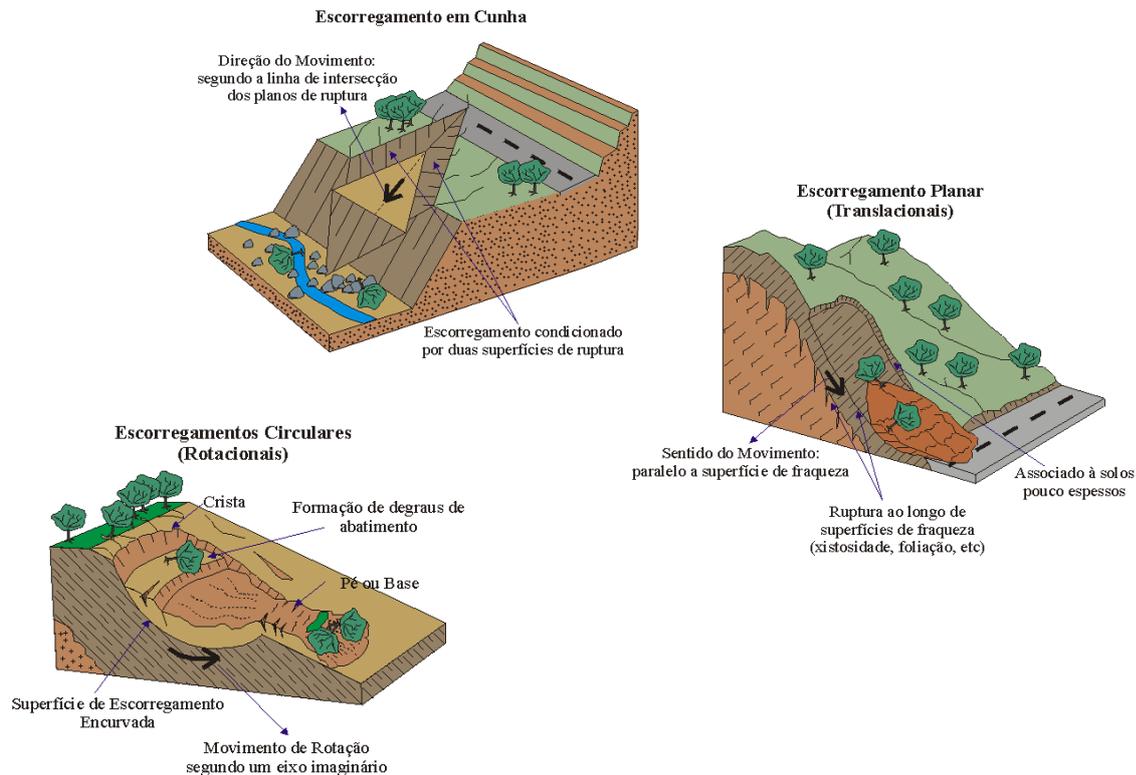


Figura 67. Caracterização dos principais tipos de escorregamentos (Fonte de imagens: IG/SP).

Na região da Associação de Municípios dos Campos Gerais, o número de ocorrências de escorregamentos registradas pela Defesa Civil indica uma média de 1 escorregamento por ano nos últimos 9 anos. O município de Ponta Grossa é o mais afetado com um total de 4 escorregamentos, no período analisado (Figura 68).

Como forma de prevenção desses acidentes, algumas simples medidas podem ser realizadas pelas prefeituras e secretarias, juntamente com a própria população, de forma a incentivar a cidadania e evitar danos físicos e materiais. Dentre as medidas podemos destacar:

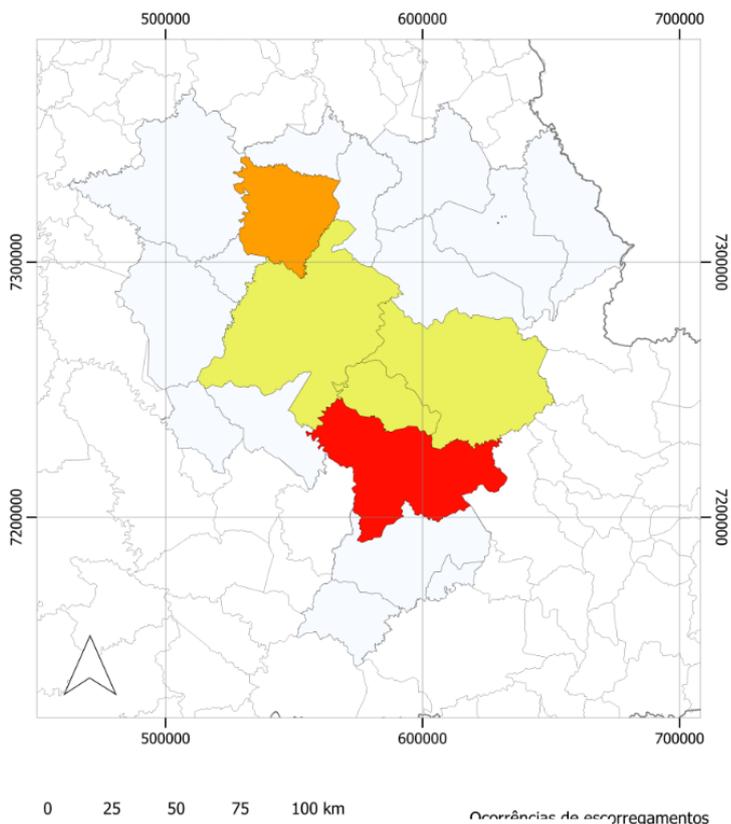


Figura 68. Número de ocorrências de escorregamentos nos últimos 9 anos (Fonte de dados: Defesa Civil/PR).

- Evitar a retirada de vegetação das encostas e incentivar o plantio de mudas, grama ou qualquer tipo de planta com raízes rasas que possa fixar o solo e evitar erosão.
- Evitar o cultivo de plantas que acumulem muita água no solo como bananeiras e árvores grandes como pés de manga, mamão, abacate, entre outras.
- Evitar a retirada de solo das encostas pela realização de cortes.
- Evitar a construção de imóveis próximos a encostas íngremes. Caso as encostas já estejam ocupadas, verificar periodicamente se os imóveis possuem rachaduras, vazamentos de água ou esgoto.

- Incentivar a retirada de qualquer material de resíduo sólidos como lixo, pneus e materiais de construção que possam acumular água.
- Educar a população através de campanhas de conscientização sobre os riscos geológicos.

RISCOS ASSOCIADOS AO KARST

O karst (carste) é a designação utilizada para terrenos sobre formações calcárias com a incidência de dolinas, rios subterrâneos e cavernas, fruto da dissolução das rochas (Figura 69). Essas áreas devem receber atenção especial durante o planejamento urbano e elaboração do plano diretor municipal, em decorrência da fragilidade e instabilidade dos terrenos.



Segundo Araújo (2006), o relevo do ambiente cárstico é caracterizado por partes mais arrasadas que sofreram abatimento, intercaladas por elevações constituídas por rochas menos solúveis. Essas porções mais planas são as áreas de maior fragilidade, que, se ocupadas, poderão apresentar susceptibilidade a comportamentos geotécnicos indesejáveis, com abatimentos de terreno, trazendo riscos às comunidades instaladas, bem como a necessidade de desocupação de construções. Além disso, as áreas de carste possuem uma excelente estrutura armazenadora de água, que pode ser facilmente contaminada por ação de despejo de efluentes domésticos e industriais.

Uma das feições mais comuns relacionadas às áreas de carste são as dolinas. Segundo Cvijic (1983 apud PILÓ, 2000), essas estruturas são caracterizadas por depressões fechadas circulares que se formam na superfície, em função da dissolução de rochas solúveis, normalmente em subsuperfície. Além disso, essas áreas podem atingir centenas de metros de profundidade e diâmetro.

Na região da AMCG, os municípios de Castro, Ponta Grossa e Sengés apresentam terrenos sobre esse tipo de formação de rochas calcárias. Esses municípios, em especial, devem apresentar um mapeamento das dolinas, sumidouros e áreas de influência direta e indireta do carste a fim de garantir o crescimento urbano ordenado e seguro.

Nos municípios da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), os terrenos de carste devem seguir o Decreto Nº 745/2015, que regulamenta as limitações do planejamento urbano nessas áreas de alta fragilidade. Apesar dos municípios de Castro, Ponta Grossa e Sengés não fazerem parte da RMC, é de considerável importância que esses municípios se atenham aos critérios adotados no Decreto em relação ao uso e ocupação do solo nas áreas de influência direta e indireta do carste:

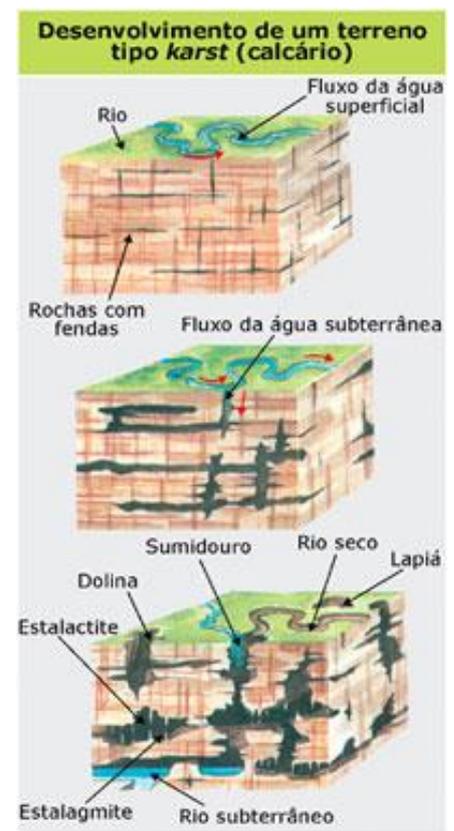


Figura 69. Desenvolvimento de um terreno cárstico (Fonte de Imagem: Griem, W. & Griem-Klee, S. Geología general).

- Área mínima dos lotes de 360 m² com 1 unidade habitacional por lote
- Densidade máxima de 18 habitações por hectare

RECURSOS MINERAIS

Recurso mineral é uma concentração ou ocorrência mineral presente na crosta terrestre e que apresenta valor econômico associado. Trata-se, portanto, de um material natural que contém quantidade e qualidade suficiente para eventual extração econômica.

Diversos minerais têm importância por constituírem a base do processo produtivo. Por exemplo: o calcário é a matéria-prima básica para a indústria do cimento e de corretivo de solos para a agricultura; as argilas especiais são a base das indústrias da cerâmica branca, sanitária, refratária e de isolantes elétricos; o petróleo, gás, carvão, folhelho pirobetuminoso (xisto) e turfa são geradores de energia e insumos para a indústria química.

Uma pessoa consome direta ou indiretamente cerca de 10 toneladas/ano de produtos provenientes das rochas e minerais, abrangendo 350 tipos de minerais distintos. A construção de uma residência é um exemplo desta diversidade. Dentro dessa ótica, o crescimento socioeconômico implica maior consumo de bens minerais, torna-se importante garantir a disponibilidade dos recursos demandados pela sociedade. Existe, portanto, uma relação direta entre desenvolvimento econômico, qualidade de vida e consumo de bens minerais.

Na AMCG os principais recursos minerais explorados são: areia, argila, rocha para brita (basalto, diabásio, granito e calcário) e minério de ouro e talco, e são definidos abaixo.

POTENCIALIDADE MINERAL NA AMCG

A grande diversidade de grupos e formações geológicas na região da AMCG possibilita uma abundância de áreas de interesse mineral. A tabela 7 apresenta o potencial mineral das unidades geológicas presentes na região. Alguns dos recursos minerais mais importantes são comentados a seguir.



Tabela 7. Potencialidade mineral nas unidades estratigráficas da AMCG (Fonte de dados: MINEROPAR).

Unidade Estratigráfica	Ambiente Predominante	Agrupamento Litológico	Ocorrências Minerais
Grupo Setuva		Charnoquitos, granulitos, xistos magnesianas, anfíbolitos, micaxistos e quartzitos	Grupo pouco expressivo na AMCG e, consequentemente com pouca potencial mineral para a associação
Grupo Açungui - Fm. Votuverava		Metassiltitos, metargilitos, metarritmitos, ardósias, metarenitos, micaxistos, calcários e dolomitos migmatitos bandados, micaxistos e quartzitos	Metacalcário calcítico e dolomítico
Grupo Açungui - Fm. Capiru		Metassiltitos, metargilitos, filitos grafitosos, mármores dolomíticos e dolomitos, metarenitos	Mármore dolomítico
Grupo Açungui - Fm. Itaiacoca	Vulcano sedimentar	Metassiltitos, metavulcânicas, mármores dolomíticos e dolomitos, metarenitos, quartzitos e micaxistos	Talco, caulim, mármore dolomítico
Grupo Açungui - Fm. Antinha		Metarritmitos, metarenitos, metacalcários e metaconglomerados	Metacalcário calcítico
Formação Camarinha		Siltitos, conglomerados polimíticos, arcósios e argilitos	Rochas ornamentais, ouro, cassiterita, volframita e molibdenita
Grupo Castro	Vulcano sedimentar	Siltitos, lamitos, arenitos, arcósios, conglomerados, riolitos, andesitos, ignimbritos, tufo, brechas riolíticas, quartzolitos	Ouro, argila, pedra brita
Grupo Paraná - Fm. Furnas	Depósitos aluviais e litorâneos	Arenitos médios a grosseiros, conglomeráticos e siltitos	Areia, caulim
Grupo Paraná - Fm. Ponta Grossa	Litorâneos e de plataforma	Folhelhos e siltitos localmente betuminosos e arenitos finos	Argila vermelha
Grupo Itararé	Depósitos litorâneos, de plataforma periglacial, deltáica	folhelhos e siltitos cinzentos, arenitos esbranquiçados, diamictitos, ritmitos, arenitos grosseiros avermelhados	Areia industrial, argila refratária, argila caulinita
Grupo Guatá - Fm. Serra Alta e Fm. Irati	Plataforma epinerítica e de bacia restrita	Lamitos, argilitos, folhelhos cinza escuros e pirobetuminosos	Calcário, xisto pirobetuminoso e argila
Grupo Guatá - Fm. Teresina	Planície de marés e de plataforma epinerítica	Siltitos acinzentados com lentes de calcários	
Grupo Guatá - Fm. Rio do Rastro	Fluviais, planície deltáica e de marés	Siltitos, argilitos e arenitos verdes ou vermelhos e calcarenitos	Calcário, argila vermelha
Grupo São Bento - Fm. Botucatu	Desértico e de planície aluvial	Arenitos e raros conglomerados	Areia industrial para a construção civil
Grupo São Bento - Fm. Serra Geral		Derrames e sills basálticos toleíticos	Cobre, ágata, ametista, pedra brita
Sedimentos recentes	Fluviais atuais e subatuais	Aluviões, argilitos, arcósios, areias, cascalhos, turfeiras, diamante, ilmenita, zirconita, ouro, turfa	Aluviões, argilitos, arcósios, areias, cascalhos, turfeiras, ilmenita, zirconita, turfa



AREIA

As areias são constituídas predominantemente por quartzo e se classificam de acordo com a granulometria, entre 0,075 e 2,0 mm, o formato dos grãos, a mineralogia e a pureza. A areia é empregada principalmente no preparo de argamassa e concreto, comercialmente classificada em areia bruta, lavada e peneirada.

BRITA

A brita é produzida a partir de rochas duras ou semiduras (granito, gnaiss, calcário e basalto) que, após desmonte por explosivos e britagem, são empregadas na construção de ferrovias, na pavimentação e conservação de rodovias e na construção civil. Alguns produtores de brita exploram o saibro, utilizado como revestimento primário e sub-base para pavimentação. A comercialização da pedra britada geralmente é feita na própria região produtora.

Figura 70. Mineração de areia (a), argila (b) (Fonte de imagens: Mineração Veiga e Robson Silveira).

ARGILA

A argila é um material natural de granulometria fina e aspecto terroso, composto por uma variedade de argilominerais. As argilas para cerâmica vermelha englobam sedimentos que vão desde as argilas de várzea até rochas como argilitos, siltitos, folhelhos e ritmitos. A cerâmica vermelha abrange uma série de produtos empregados na construção de edificações e em obras de saneamento, como tijolos, telhas, blocos, ladrilhos, lajotas, manilhas, tubos cerâmicos, e utensílios domésticos, como potes e vasos. Além disso, existem as argilas industriais utilizados em cerâmica de pisos e azulejos, louças, porcelanas e refratários.



MINÉRIO DE OURO

Minério é um agregado de minerais rico em um determinado mineral ou elemento químico que é economicamente e tecnologicamente viável para extração. No caso do minério de ouro, o elemento químico Au, é um dos poucos metais que ocorrem na natureza no estado nativo. É maleável e dúctil, de cor amarela e não oxida ou escurece na presença do ar. Ocorre como agregados, palhetas e impregnações quartzosas na forma nativa e como calaverita, petzita, krennerita e silvanita, na forma de minério.

O ouro ocorre em diversos ambientes da Terra, disseminado nas rochas, em veios de quartzo, depósitos de *placers* e como subproduto associado a outros metais. Empregado na joalheria e como padrão monetário, suas propriedades físicas, químicas e bioquímicas garantem-lhe uma série de outras aplicações industriais.

TALCO

O mineral talco é um silicato básico de magnésio, usado em pigmentos, cerâmicas, borrachas, plásticos, lubrificantes, perfumaria e papel. As ocorrências de minério de talco na porção noroeste do Primeiro Planalto, região de Ponta Grossa, são conhecidas desde o início do século. As primeiras lavras datam da década de 40, nas minas da Fazenda São José, distrito de Itaiacoca, onde o talco é um produto de transformação dos dolomitos, ocorrendo na forma de lentes e bolsões no interior de corpos de calcário dolomítico.

PROCESSOS MINERÁRIOS

Os recursos minerais, por princípio constitucional, são propriedade distinta do solo e pertencem à União (Artigo 176 da Constituição Federal). Compete à União administrar os recursos minerais, a indústria de produção mineral, a distribuição, o comércio e o consumo de produtos minerais (Decreto-Lei nº 227 de 28 de fevereiro de 1967). O exercício da mineração independe de consentimento do proprietário do imóvel em que estiver localizada a jazida (com exceção do regime de Licenciamento).

O processo que envolve o estudo dos recursos minerais está intimamente ligado aos campos do conhecimento geológico e envolve basicamente as seguintes fases: 1) pesquisa para a localização do bem mineral; 2) prospecção para determinação da extensão e valor econômico do bem mineral localizado; 3) estimativa quanto a extensão e teor; 4) planejamento – avaliação da parte mineral extraível e estudos de viabilidade do exercício da atividade; 5) exploração – com vistas à extração do bem mineral e 6) recuperação das áreas afetadas pela exploração.

Primeiramente, antes do início de qualquer projeto de mineração, é necessário verificar a disponibilidade da área. Como já mencionado, o direito minerário independe da posse ou propriedade do terreno. Para a verificação da disponibilidade, a plataforma SIGMINE da Agência Nacional de Mineração - ANM (<http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>) apresenta um mapa interativo com todos os processos registrados pelo órgão.

Em relação as questões legais e aos processos junto às instituições governamentais, é importante observar que o estudo e exploração dos recursos minerais envolvem uma série de procedimentos administrados (Figura 71 e 72) pela ANM. Este órgão é responsável desde a autorização de pesquisa até a autorização de lavra mineral, assim como os órgãos ambientais que são responsáveis pelos procedimentos administrativos referentes ao licenciamento ambiental para a execução das atividades. Além disso, a contratação de um responsável técnico (Geólogo ou Engenheiro de Minas) é imprescindível para a elaboração do projeto, pois os documentos técnicos apresentados juntos à ANM deverão estar acompanhados do original ou cópia autenticada da respectiva anotação de responsabilidade técnica – ART do profissional que os elaborou.



Requerimento de Pesquisa

O requerimento de pesquisa junto à ANM poderá ser realizado em áreas livres que não tenha nenhum processo minerário. São consideradas livres as localidades não vinculadas a outras autorizações de pesquisa, registro de licença, concessão de lavra, permissão de lavra garimpeira, dentre outros.

Autorização de Pesquisa

O prazo de validade da autorização de pesquisa não será inferior a um ano, nem superior a três anos, a critério da ANM. Ao concluir os trabalhos, o titular apresentará à **ANM relatório final dos trabalhos de pesquisa** realizados, conforme o disposto em Resolução da ANM.

Figura 71. Requerimento de Pesquisa e Autorização de Pesquisa (Decreto Federal Nº 9.406/2018).

Requerimento de Lavra

Aprovado o relatório final de pesquisa com plano de aproveitamento econômico, o titular terá um ano para requerer a concessão de lavra e, neste prazo, poderá negociar o seu direito minerário. Nesse contexto o requerente deverá apresentar o **licenciamento ambiental**.

Concessão de Lavra

Após a publicação da concessão de lavra, o requerente deverá iniciar os trabalhos previstos no plano de aproveitamento econômico no prazo de 6 meses e deverá entregar relatório anual sobre as atividades realizadas no ano anterior.

Figura 72. Requerimento de Lavra e Concessão de Lavra (Decreto Federal Nº 9.406/2018).



Para a exploração de bens minerais de pequeno volume e distribuição irregular, outro regime de exploração concedido pela ANM, é a Permissão de Lavra Garimpeira (Figura 73). São considerados como minerais garimpáveis o ouro, diamante, cassiterita, columbita, tantalita, volframita, nas formas aluvionar, eluvional e coluvial, scheelita, demais gemas, rutilo, quartzo, berilo, moscovita, espodumênio, lepidolita, feldspato, mica e outros tipos de ocorrência que vierem a ser indicados a critério da ANM.

Permissão de Lavra Garimpeira

A lavra garimpeira é um regime de extração de substâncias minerais com aproveitamento imediato do jazimento mineral que, por sua natureza, seu pequeno volume e a distribuição irregular do bem mineral, não justificam investimento em trabalhos de pesquisa, tornando-se, assim, a lavra garimpeira.

Figura 73. Permissão de Lavra Garimpeira (Decreto Federal Nº 9.406/2018).

A permissão de lavra garimpeira é concedida pelo Diretor-Geral da ANM, pelo prazo de até cinco anos, sempre renovável por mais cinco, a critério da ANM. A área permissionada não poderá exceder 50 (cinquenta) hectares, salvo quando outorgada a cooperativa de garimpeiros. O título pode ser objeto de cessão ou transferência de direitos, mediante anuência da ANM, a quem satisfaça os requisitos legais.

Para a exploração mineral por **órgãos públicos**, há a possibilidade do Regime de Registro de Extração. O Registro de Extração (Figura 74) é uma declaração fornecida pela ANM (Decreto Lei 9.406/2018) para os órgãos governamentais em suas diferentes escalas. Nesse regime de exploração, os bens minerais devem ter seu uso imediato na construção civil em obras públicas executadas pelos próprios órgãos governamentais. Consideram-se substâncias minerais de emprego imediato na construção civil: I - areia, cascalho e saibro, quando utilizados in natura na construção civil e no preparo de agregados e argamassas; II - material síltico-argiloso, cascalho e saibro empregados como material de empréstimo; III - rochas, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões ou lajes para calçamento; e, IV - rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil.

Por fim, o Regime de Licenciamento (Figura 74). Nesse tipo de licença, os bens minerais devem, também, ser utilizados na construção civil (Artigo 1º da Lei nº 6.567/1978), porém por qualquer



interessado. Poderão ser aproveitados pelo regime de licenciamento: I - areias, cascalhos e saibros para utilização imediata na construção civil, no preparo de agregados e argamassas, desde que não sejam submetidos a processo industrial de beneficiamento, nem se destinem como matéria-prima à indústria de transformação; II - rochas e outras substâncias minerais, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões e afins; III - argilas para indústrias diversas; IV - rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil e os calcários empregados como corretivo de solo na agricultura. V - rochas ornamentais e de revestimento; VI - carbonatos de cálcio e de magnésio empregados em indústrias diversas.

Registro de Extração

Declaração fornecida pela ANM exclusivamente aos órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, que permite a extração de substâncias minerais de uso imediato na construção civil, para utilização somente em obras públicas, sendo proibida sua venda, lavra por terceiros ou transferência para empresas privadas.

Regime de Licenciamento

Mineração de substâncias destinadas ao emprego imediato na construção civil e para alguns usos industriais (Lei Federal 6.567/1978; Lei Federal 13.975/2020). O aproveitamento mineral por licenciamento fica adstrito à área máxima de 50 há e é facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele obtiver expressa autorização.

Figura 74. Registro de extração e Regime de Licenciamento.

Para evitar descontentamentos, é importante verificar os prazos dos regimes de beneficiamento. Quando um processo minerário é renunciado, desistido, ou no caso de o titular ter seu direito caducado, ele será destinado ao Regime de Disponibilidade e compete à Agência Nacional da Mineração ofertar a referida área por meio de processo licitatório, a fim de encontrar novos interessados.

De acordo com o Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018, artigo 51, a comunicação da renúncia total ou parcial da concessão de lavra, do licenciamento ou da permissão de lavra garimpeira deverá ser



instruída com relatório dos trabalhos efetuados e do estado da mina e de suas possibilidades futuras, conforme Resolução da ANM.

Para mais informações referentes aos processos minerários, indica-se a leitura da legislação mineral (principalmente Decreto-Lei nº227 e Decreto nº 9.406) e dos websites dos órgãos competentes (ANM e IAT).

Na Associação de Municípios dos Campos Gerais, os processos minerários se distribuem por toda a região. Dentro dos limites da AMCG são listados, segundo os dados do SIGMINE/AMN, 86 processos de Requerimento de Pesquisa, 513 Autorizações de Pesquisa, 304 Requerimentos de Lavra e um pouco mais de 270 Concessões de Lavra. As substâncias minerais exploradas são apresentadas na tabela 8 e sua distribuição geográfica na Figuras 75 a 77.

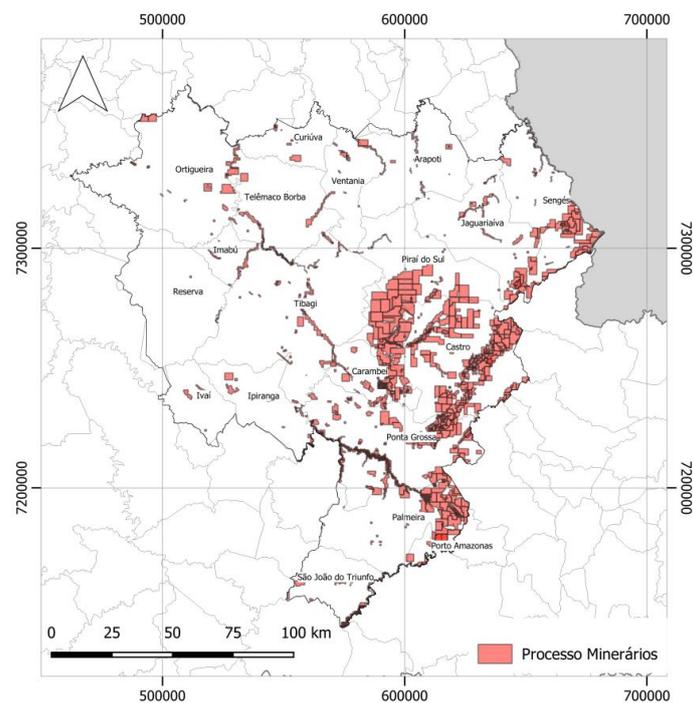


Figura 75. Processo Minerário na AMCG (Fonte de dados: SIGMINE/AMN).



Tabela 8. Processos Minerários na AMCG (Fonte de dados: SIGMINE/ANM).

Substância Mineral	Requerimento de Pesquisa	Autorização de Pesquisa	Requerimento de Lavra	Concessão de Lavra
Água Mineral	3	8	2	5
Areia	50	224	218	140
Arenito		12	7	1
Argila		26	23	11
Argilito				1
Basalto		6	1	1
Carcário	9	48	12	48
Carvão Mineral		2		1
Cascalho	1	12	6	1
Caulim	5	9	3	5
Diabásio	5	48	7	13
Diamante	1	12	1	
Dolomito		3	2	23
Feldspato			1	
Filito		1	2	6
Folhelho		2		
Granito		3	2	7
Mármore	4	9		3
Minério de Cobre		3		
Minério de Manganês		9		
Minério de Ouro	7	38	4	1
Quartzito		4	3	4
Riolito			1	1
Saibro	1	34	9	5
Siltito			1	1
Talco		9	14	41
Turfa		7	3	
Total	86	513	304	277

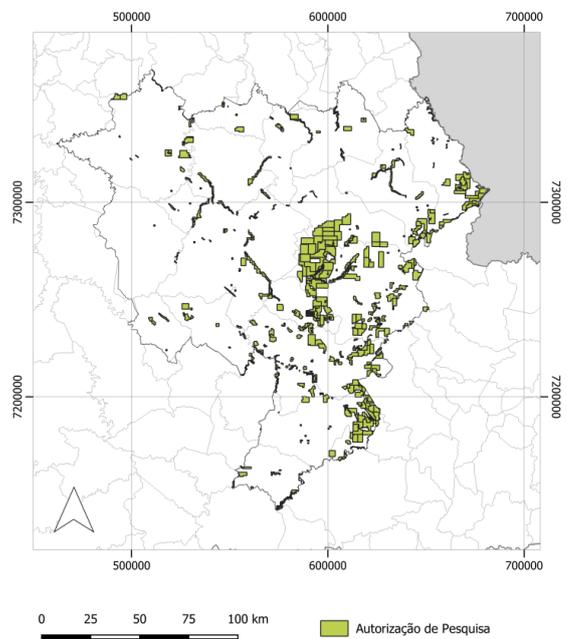
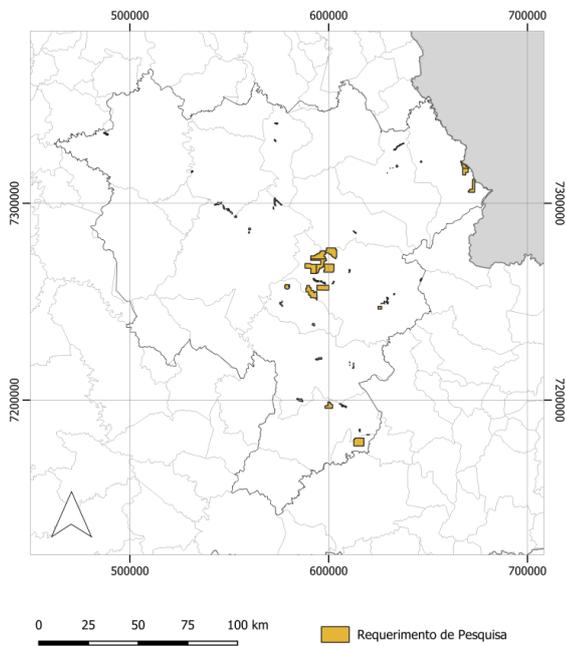


Figura 76. Distribuição dos processos de requerimento (a) e autorização (b) de pesquisa (Fonte de dados: SIGMINE/ANM).

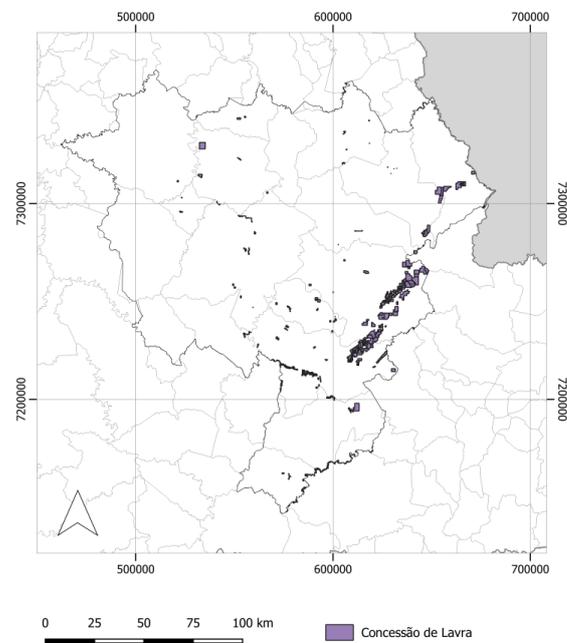
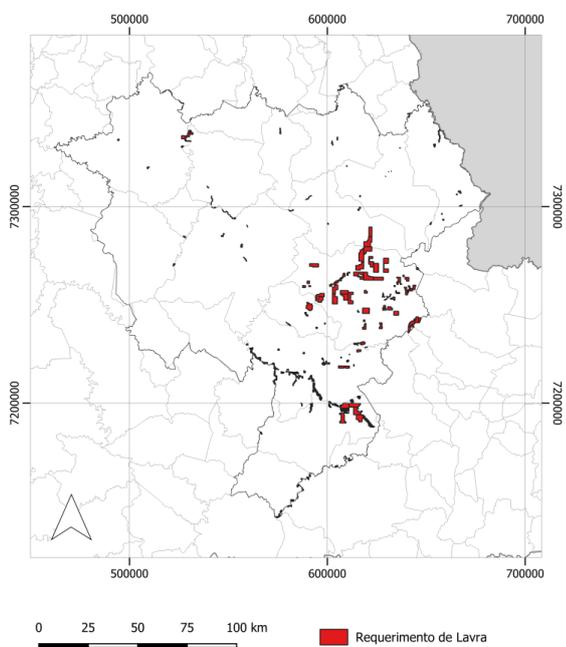


Figura 77. Distribuição dos processos de requerimento (a) e concessão (b) de lavra (Fonte de dados: SIGMINE/ANM).

COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS (CFEM)

Segundo § 1º art. 20 da Constituição Federal é assegurado aos estados, ao Distrito Federal e aos **municípios**, bem como a órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva. Neste contexto, a participação ocorre através da **Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM)**. A alíquota aplicada sobre a exploração do recurso mineral depende exclusivamente da substância lavrada (Tabela 9) e incidem sobre:

I - a venda, sobre a receita bruta da venda, deduzidos os tributos incidentes sobre sua comercialização;

II - o consumo, sobre a receita bruta calculada, considerado o preço corrente do bem mineral, ou de seu similar, no mercado local, regional, nacional ou internacional, conforme o caso, ou o valor de referência, definido a partir do valor do produto final obtido após a conclusão do respectivo processo de beneficiamento;

III - as exportações, sobre a receita calculada, considerada como base de cálculo, no mínimo, o preço parâmetro definido pela Secretaria da Receita Federal do Brasil do Ministério da Fazenda, conforme legislação.

IV - a hipótese de bem mineral adquirido em hasta pública, sobre o valor de arrematação;

V - a hipótese de extração sob o regime de permissão de lavra garimpeira, sobre o valor da primeira aquisição do bem mineral.



Tabela 9. Alíquota aplicada sobre as substâncias minerais exploradas (Fonte: ANM).

ALÍQUOTA	SUBSTÂNCIA MINERAL
1%	Rochas, areias, cascalhos, saibros e demais substâncias minerais quando destinadas ao uso imediato na construção civil; rochas ornamentais; águas minerais e termais
1,5%	Ouro
2%	Diamante e demais substâncias minerais
3%	Bauxita, manganês, nióbio e sal-gema
3,5%	Ferro*

A partir da arrecadação da CFEM, os municípios onde ocorrem a produção mineral receberão 60% desse montante e 15% quando afetados pela atividade de mineração. Para maiores informações, verificar Lei nº 13.540/2017.

Segundo o Informe Mineral 01/2020 do Instituto Água e Terra, o Paraná ocupou a décima primeira posição na arrecadação nacional da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM em 2019, participando com 0,39% do total, produzindo principalmente bens minerais não metálicos destinados à construção civil.

No Paraná a arrecadação da CFEM é bastante concentrada. Em 2019, os 20 principais municípios responderam por 73,2% do total e os 5 primeiros por 48,2%, sendo eles: Rio Banco do Sul (17,8%); Campo Largo (11,2%); Figueira (8,7%), Adrianópolis (6,3%) e Almirante Tamandaré (4,1%).

Na Associação de Municípios dos Campos Gerais, os municípios de Ponta Grossa, Castro e Piraí do Sul lideram o ranking de arrecadação da CFEM da região (Tabela 10 e Figura 78).

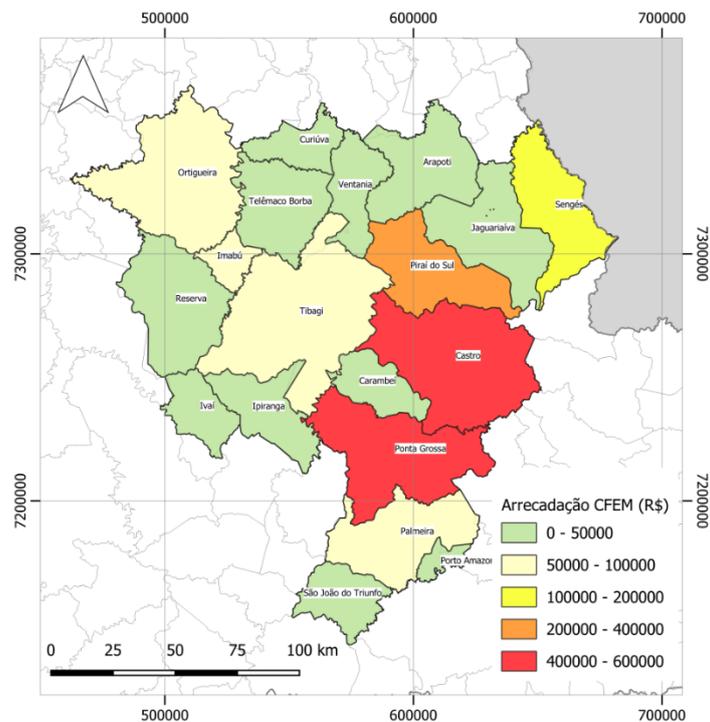


Figura 78. Mapa da arrecadação CFEM na AMCG (fonte: ANM/2019).

Tabela 10. Arrecadação da CFEM em 2019 (Fonte: ANM/2019).

Município	Valor da Operação	Recolhimento CFEM	% Recolhimento sobre a Operação
Arapoti	R\$ 667.506,06	R\$ 8.086,23	1,21%
Carambeí	R\$ 1.474.905,11	R\$ 15.298,55	1,03%
Castro	R\$ 23.965.740,32	R\$ 436.881,36	1,82%
Curiúva	R\$ 301.811,00	R\$ 3.033,60	1,00%
Imbaú	R\$ 4.514.030,12	R\$ 82.871,82	1,83%
Ipiranga	R\$ 372.666,70	R\$ 3.477,67	0,93%
Ivaí	R\$ 45.000,00	R\$ 900,00	2,00%
Jaguariaíva	R\$ 1.246.514,76	R\$ 24.447,45	1,96%
Ortigueira	R\$ 7.691.598,94	R\$ 84.569,95	1,09%
Palmeira	R\$ 6.808.846,90	R\$ 62.737,35	0,92%
Piraí do Sul	R\$ 8.986.105,05	R\$ 223.141,10	2,48%
Ponta Grossa	R\$ 45.380.325,73	R\$ 524.258,93	1,15%
Porto Amazonas	R\$ 190.899,79	R\$ 1.860,81	0,97%
Reserva	R\$ 1.025.744,14	R\$ 10.409,58	1,01%
São João do Triunfo	R\$ 763.431,29	R\$ 10.449,91	1,36%
Sengés	R\$ 9.930.156,34	R\$ 154.734,25	1,55%
Telêmaco Borba	R\$ 3.943.908,34	R\$ 40.278,37	1,02%
Tibagi	R\$ 7.197.152,20	R\$ 76.966,09	1,06%
Ventania	R\$ 600.460,49	R\$ 12.531,80	2,08%



RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

A Associação de Municípios do Centro Sul do Paraná está localizada numa região repleta de riquezas naturais dentro de um contexto geológico multifacetado. A caracterização ambiental do meio físico, apresentada neste relatório, evidencia a singularidade regional e os inúmeros patrimônios naturais que devem ser preservados e acondicionados às gerações futuras. A região exibe recursos não somente superficiais, mas também hospedados nos substratos rochosos que devem ser estudados de forma a promover o desenvolvimento sustentável e crescente da região.

A água é um dos recursos mais abundantes dentro dos limites da associação. Os municípios da AMCESPAR contam com cursos naturais de água superficial pertencentes a 3 diferentes bacias hidrográficas. Como forma de aprimoramento e manutenção desses recursos, os municípios devem incentivar a participação da população nos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH), integrantes do Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, que constituem o “Parlamento das Águas”. Nestes espaços, ocorre a representação da comunidade que ocupa a área da bacia, bem como as discussões e deliberações à respeito da gestão dos recursos hídricos que deve ser de modo descentralizado. Além disso, cuidados em relação ao controle de poluentes e contaminantes e da erosão e assoreamento dos leitos dos rios, com vistas ao cumprimento das legislações ambientais, devem ser tarefas tanto da população quanto do poder público. Os aquíferos, outra matriz de captação de água pela população da AMCESPAR, devem ter seu uso estimulado como forma alternativa na obtenção de água. No entanto, é importante que os aspectos hidrodinâmicos e hidrogeoquímicos sejam levados em conta para que se evitem problemáticas referentes ao uso desse recurso. É importante que estudos que envolvam a temática água subterrânea sejam conduzidos por indivíduos habilitados frente aos conselhos profissionais competentes.

A AMCESPAR detém importantes sítios paleontológicos do estado do Paraná, verdadeiros “laboratórios naturais”. Apesar de subestimado, os estudos sobre fósseis possuem não somente valor como instrumento científico, mas também como patrimônio natural e histórico. Projetos de proteção e preservação desses artefatos representam o compromisso dos gestores municipais com o passado do Paraná e a herança natural da Terra. Ademais, os sítios paleontológicos são atrativos turísticos na região e agregam valor ao turismo local e à economia das comunidades por meio da geração de empregos. Paralelamente, há diversas áreas de interesse com cachoeiras e trilhas que, além de apoio e proteção legal, necessitam de investimentos para atrair não apenas turistas, mas também empreendedores com vistas ao



progresso desses locais. Portanto, é mister que as instituições municipais promovam efetivamente o elo de comunicação entre a comunidade, os empreendedores locais e os interesses ambientais frente à geoconservação e o desenvolvimento sustentável.

No que concerne a riscos geológicos, investigações periódicas devem ser conduzidas. Com o intenso crescimento populacional nos municípios da AMCESPAR, desafios no ordenamento urbano se tornam cada vez mais complexos. De forma a evitar os desastres naturais, tais como escorregamentos, estudos geológicos, geotécnicos, em especial de declividade, devem ser executados, levando em conta as peculiaridades locais a fim de se identificar as áreas suscetíveis aos típicos movimentos de massa. Além disso, as áreas atingidas por esses eventos, sobretudo, nas regiões urbanas, estão normalmente associadas a declividades superiores a 20% e escassa ou nenhuma vegetação. Portanto, é aconselhado a identificação de construções e moradias localizadas em regiões com tais características de forma a realizar vistoriais *in loco*, produção de laudos e relatórios técnicos, por profissionais qualificados, que darão embasamento na tomada de decisões.

No tocante ao potencial mineral, a AMCESPAR contém uma riqueza ainda pouco explorada e, portanto, recomenda-se que os órgãos municipais incentivem à pesquisa geológica como forma de fomento e crescimento do setor. A inclusão de geólogos, engenheiros e profissionais do meio ambiente no quadro profissional é indispensável ao crescimento desse setor de modo a garantir o desenvolvimento sustentável da produção, além de dar segurança técnica e legal aos pequenos produtores em procedimentos legais.

A AMCESPAR é uma região importante para exploração sustentável de recursos naturais do estado do Paraná. A participação sinérgica e o aprimoramento do diálogo entre comunidades, instituições e órgãos governamentais em suas diferentes escalas, é fundamental para o crescimento econômico dos municípios que a integra.



REFERÊNCIAS

- AYALA CARCEDO, F. J. (1987). "Introducción a los riesgos geológicos" Riesgos Geológicos; I.G.M.E. Madrid. Vol. 1, 3-21.
- BOSSETI, E. P.; MATSUMURA, Willian M. K; COMNISKEY, J. C; IANNUZZI, R. Prática de campo: Paleontologia do Devoniano dos Campos Gerais. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Pecuária de baixa emissão de carbono: Tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de bovinos de corte e leite em sistemas confinados. Secretaria de Mobilidade Social. Brasília. 2018.
- BRILHA, J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. Geoheritage, 2016.
- CALGARO, Hemerson Fernandes e outros. Esgoto Doméstico no Meio Rural: Tratamento e Implicações para a Saúde Humana. Campinas, CDRS, 2020. 52p. 23cm (Boletim Técnico, 253).
- CARR, G. M; NERY, J. P. (2008). Water Quality for Ecosystem and Human Health, 2nd Edition. United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System. Retrieved 14 July 2009, from http://www.gemswater.org/publications/pdfs/water_quality_human_health.pdf.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). (1996). Control of water pollution from agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Irrigation and Drainage Paper 55.
- GROTZINGER J.,;JORDAN T.H. Understanding Earth. 7ed. W.H. Freeman and Company, New York. 2014.
- GUIMARÃES, G.B. As Rochas Granitóides do Complexo Granítico Cunhaporanga, Paraná: Aspectos geológicos, geofísicos, geoquímicos e mienralógicos. Tese de Doutorado, USP/SP. 2000.
- GUIMARÃES, G.B.; MELO, M. S.; PIEKARS, G. F.; MOREIRA, J. C; LICCARDO, A. MOCHIUTTI, N. F. Geoparque dos Campos Gerais, PR. Proposta. 2012.
- IAT, Intituto Água e Terra. Informe Mineral 01/2020 Compensação Financeira e Royalties pela Exploração de Recursos Minerais no Paraná em 2019. 2020
- MINEROPAR. Atlas Comentado da Geologia e dos Recursos Minerais do Estado do Paraná. Governo do Paraná. 2001
- MMA, Ministério do Meio Ambiente. Águas subterrâneas – um recurso a ser conhecido e protegido. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos ambiente urbano. 2012.

OLIVEIRA, D.P.; JUNIOR, E.V.R.; PRADAL, M.C.; SUZUMURA, T.H.; KIKUCHI, T.K.I. Plano Municipal de Turismo de Ortigueira, PR. Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina

OLIVEIRA, E.P. Geologia do Estado do Paraná. Bolétim do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio. Rio de Janeiro. 1916.

OLIVEIRA G.G. - Modelos para Previsão, espacialização e análise das áreas inundáveis na bacia hidrográfica do Rio Caí, RS. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PARANÁ. SECRETÁRIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (SEMA). INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOLOGIA (ITCG). Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Paraná. v.2. Curitiba: ITCG, 2018. 272 p. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/zeopr02_2018.pdf>.

PEREIRA, R.G.F.A.; BRILHA, J.; MARTINEZ, J.E. Proposta de enquadramento da geoconservação na legislação ambiental brasileira. Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra Memórias e Notícias. 2008.

RESENDE, Álvaro Vilela de. Agricultura e qualidade da Água: contaminação por nitrato. Embrapa Cerrados, 2002.

SANEPAR, 2015. Aquíferos fornecem 21% da água tratada ofertada pela Sanepar. Disponível em: <http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=83565&tit=Aquiferos-fornecem-21-da-agua-tratada-ofertada-pela-Sanepar> Acessado em jan/2020 .

SEDOR, F.A. Fósseis do Paraná. Museu de Ciências Naturais, UFPR, Curitiba. 2014.

SPOLOADORE, A.; COTTAS, L.R. A Gruta do Portão de Cima ea Gruta do Portão de Baixo: duas cavernas areníticas no município de Sengés-PR A Spoladore. Geografia 14 (2), 71-83, 2005.

TER-STEPANIAN G. Beginning of the Tectogene. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. 1988.



GLOSSÁRIO

A

Água superficial: corpo aquoso que se acumula na superfície, escoar e da origem aos rios, riachos, lagoas e córregos.

Água subterrânea: água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas.

Aluvião: designação genérica para englobar depósitos constituídos por cascalhos, areias, siltes e argilas, transportados e depositados por corrente, sobre planícies de inundação e no sopé de montes e escarpas.

Ametista: variedade de quartzo (SiO_2) de cor violeta.

Aquífero: unidade geológica que contém e veicula água em quantidades econômicas, de modo a servir como fonte de abastecimento

Arco: região estrutural positiva, geralmente corresponde a uma zona de separação entre bacias sedimentares, sendo palco de intensa atividade magmática.

Ardósia: rocha proveniente do metamorfismo de grau incipiente de rocha sedimentar argilosa. A principal característica é a partição perfeita.

Areia: sedimento sem coesão no qual os grãos ou os elementos do arcabouço são constituídos por partículas compreendidas entre 0,062 e 2 mm.

Arenito: rocha de origem sedimentar, resultante da junção dos grãos de areia através de um cimento natural.

B

Bacia sedimentar: grande depressão do terreno, preenchida por detritos provenientes das terras altas que o circundam. A estrutura dessas áreas é geralmente composta por camadas de rochas que mergulham da zona periférica para o centro. Exemplos de bacia sedimentar são fornecidos pela bacia Amazônica e a bacia do Paraná.

Banda/Bandamento: faixas de diferentes composições, petrográficas, granulométricas, ou de cores, responsáveis pelo desenvolvimento de algumas estruturas das rochas.

Basalto: um dos tipos mais comuns de rocha relacionada a derrames vulcânicos, caracterizando-se pela cor preta, composição básica (onde predominam minerais ricos em ferro e magnésio), alta fluidez e temperaturas de erupção entre 1000 e 1200 °C. Equivalente vulcânico de gabros.



Biotita: mineral do grupo das micas e apresenta-se em cristais tabulares ou prismáticos curtos, com planos basais nítidos e fórmula $K (Mg, Fe)^3 (Al SiO_3 O_{10}) (OH)^2$. As folhas delgadas mostram cor escura, diferindo da muscovita, que se apresenta quase incolor.

Braquiópodes: animais marinhos, bentônicos (que vive em fundo marinho), dotados de uma concha bivalve (2 valvas), predominantemente de natureza calcária.

Brecha: rocha formada por fragmentos centi a decimétricos, angulosos, unidos através de um cimento natural.

C

Calcarenito: arenito carbonático produzido frequentemente por precipitação química seguida de retrabalhamento dentro da própria bacia, ou ainda resultante da erosão de calcários mais antigos situados fora da bacia deposicional.

Calcita: mineral da família dos carbonatos de composição $CaCO_3$. Usualmente branca a incolor pode, contudo, mostrar cores cinza, vermelho, verde, azul e amarelo.

Camada (sedimentar): Corpo tabular de rocha que se encontra em posição essencialmente paralela à superfície sobre a qual foi formada.

Cânion: denominação utilizada para designar vales profundos e encaixados, os quais adquirem características mais pronunciadas quando cortam sequências sedimentares, vulcânicas e vulcano-sedimentares horizontalizadas

Carbonatos: são sais inorgânicos ou seus respectivos minerais que apresentam na sua composição química o íon carbonato CO_3^{2-}

Cárstica: superfície típica de uma região de calcário caracterizada pela presença de vales de dissolução e correntes de águas submersas.

Cascalho: acumulação de fragmentos de rochas e/ou minerais mais grossos do que areia comumente predominando o tamanho de seixos.

Compactação: eliminação ou redução dos poros das rochas, por rotação e deformação dos grãos.

Complexo: unidade litoestratigráfica formal, constituída pela associação de rochas de diversos tipos, de duas ou mais classes (sedimentares, ígneas ou metamórficas), com ou sem estrutura altamente complicada, ou por misturas estruturalmente complexas de diversos tipos de uma única classe.

Contato: superfície que limita duas unidades geológicas ou rochas de composições diferentes.



D

Deformação: conjunto de mudanças ocorridas em um corpo devido à ação de tensão, e resultando em um ou mais dos seguintes processos: distorção, rotação, translação e dilatação.

Delta: sistema deposicional de sedimentos, alimentado por um rio, causando uma progradação irregular da linha de costa

Derrame: saída e esfriamento rápido de material magmático vindo do interior da crosta terrestre, consolidando-se ao contato com o ar.

Diabásio: rocha intrusiva de composição básica, coloração preta ou esverdeada, solidificada em subsuperfície, composta por cristais de feldspatos e minerais máficos (plagioclásio e piroxênio), que ocorre sob a forma de dique ou *sill*.

Diagênese: conjunto de fenômenos físicos e químicos que ocorrem durante a litificação, incluindo a compactação, cimentação, recristalização e substituição.

Dique: intrusão ígnea tabular vertical, que corta as estruturas das rochas em volta.

Discordância: superfície que separa estratos (camadas) ao longo da qual há evidência de truncamentos erosivos ou exposições subaéreas, implicando num hiato significativo.

Dobra: encurvamentos de forma acentuadamente côncavo-convexa, voltados para cima ou para baixo, que ocorrem nas rochas quando submetidas por processos de fluxo (comportamento plástico das rochas em um determinado derrame) ou compressão.

Dolina: depressão presente em áreas dominadas por rochas calcíferas, mostrando forma oval ou arredondada, com bordas íngremes e fundo chato, podendo conter lagoa com argilas de descalcificação ou outros materiais de preenchimento, resultantes da dissolução.

Drenagem: escoamento de águas de terreno que modela a topografia de uma região.

Duna: corpo de areia acumulada pelo vento, que se eleva formando um cume único. Pode ocorrer isoladamente ou em associação.

E

Enclave: corpo rochoso com forma e dimensão variadas, englobado por rocha magmática da qual difere pelo aspecto composicional e/ou textural.

Epiclástico: fragmento de natureza vulcânica produzido pelo intemperismo e erosão de rochas vulcânicas

Embasamento cristalino: conjunto de rochas ígneas ou metamórficas que compõe a porção externa da crosta continental. Estão abaixo da plataforma sedimentar ou cobertura.



Equinodermos: animais invertebrados marinhos que inclui estrelas-do-mar, ouriços-do-mar e pepinos-do-mar, dotados de simetria radial, esqueleto interno composto por ossículos calcários, corpo coberto por espinhos.

Escudo: área de exposição de rochas do embasamento cristalino em regiões cratônicas (porções da litosfera de rochas antigas e estáveis), comumente com superfície convexa.

Estratificação: disposição paralela ou subparalela que tomam as camadas ao se acumularem formando uma rocha sedimentar. Normalmente é formada pela alternância de camadas sedimentares com granulação e cores diferentes, ressaltando o plano de sedimentação.

Estratificação cruzada: estratificação cujas camadas aparecem inclinadas umas em relação às outras, e em relação ao seu plano basal de sedimentação. São comuns em depósitos eólicos (dunas) e fluviais.

Estratótipo: sucessão de estratos de rocha, designada especificamente em uma seção ou em uma área, na qual é baseada a definição de referência da unidade.

Estromatólitos: rocha fóssil formada por atividades de microrganismos em ambientes aquáticos, que, quando acumulados no fundo de mares rasos, formam uma espécie de recife.

F

Falha: superfície ou zona de rocha fraturada ao longo da qual houve deslocamento vertical ou horizontal, o qual pode variar de alguns centímetros até quilômetros.

Feldspatos: um dos grupos minerais mais importantes, constituídos por silicatos de alumínio com potássio, sódio e cálcio e, raramente bário, formando três grupos principais: os feldspatos potássicos, os feldspatos calco-sódicos e os feldspatos báricos.

Filito: rocha proveniente do metamorfismo de grau baixo de rochas sedimentares argilosas. É mineralogicamente, semelhante à ardósia, mas de granulação notoriamente mais grossa.

Formação geológica: Unidade fundamental da classificação dos pacotes rochosos. Trata-se de um corpo caracterizado pela relativa homogeneidade litológica, forma comumente tabular, geralmente com continuidade lateral e mapeável na superfície terrestre ou em subsuperfície.

Fossilização: conjunto de processos através dos quais se conservam restos ou vestígios de animais e plantas.

Fatura: descontinuidade que aparece isoladamente em uma massa rochosa, não correspondendo, portanto, nem a uma junta nem a uma falha.



G

Gabro: rocha magmática de coloração escura, granulação grossa, de composição básica, cristalizada em profundidade. Normalmente é composta por feldspatos e minerais máficos (plagioclásio, piroxênios e olivina).

Geleira: grande e duradoura massa de gelo formada nas regiões continentais, onde a precipitação da neve compensa a perda pelo degelo, motivo pelo qual a massa de gelo é conservada.

Geomorfologia: ramo da geociência que estuda as formas da superfície terrestre.

Geotecnia: estudo o comportamento do solo e das rochas em decorrência das ações do homem. Aplicação de métodos científicos e princípios de engenharia para a aquisição, interpretação e uso do conhecimento dos materiais da crosta terrestre e materiais terrestres para a solução de problemas de engenharia

Gnaisse: rocha metamórfica caracterizada pela disposição dos minerais em bandas alternadas, em que uma normalmente é constituída de minerais granulares claros e a outra de minerais escuros.

Graben: bloco abatido com forma relativamente alongada, estreito e limitado por falhas normais.

Granito: rocha magmática de granulação grosseira, solidificada em profundidade, composição ácida, composta essencialmente por minerais claros como quartzo (SiO_2), feldspato alcalino (SiO_2 , Al_2O_3 e K_2O) e plagioclásio (Al_2O_3 , Na_2O e CaO). O seu equivalente vulcânico denomina-se riolito.

Granulometria: especificação do tamanho dos grãos que compõe o solo, rochas ou depósitos sedimentares.

Grupo geológico: unidade de classificação de pacotes rochosos, de categoria superior à formação, e constituído necessariamente pela associação de duas ou mais formações.

I

Intemperismo: conjunto de processos de natureza física e/ou química que atuam sobre as rochas produzindo sua quebra, decomposição ou ambas.

Intrusão: corpo magmático que se instalou no meio de outras rochas pré-existentes.

J

Jazida: ocorrência de rocha ou minerais de interesse econômico, teor e características físico-químicas que, junto com condições suficientes de infraestrutura e localização, permitem a sua exploração.



L

Lavra: fase da mineração cujo objetivo é o aproveitamento industrial da jazida, representando, portanto, o conjunto de operações coordenadas, que tem por objetivo a extração econômica das substâncias minerais úteis de uma jazida.

Lente: corpo geológico caracterizado por dimensões longitudinais acentuadas com espessura decrescente do centro para as extremidades.

Litologia: descrição das rochas, com base em características tais como a cor, a composição mineralógica e o tamanho de grão.

M

Magma: material ígneo em estado de fusão contido no interior da terra e que, por solidificação, dá origem às rochas ígneas. Quando solidificado no interior da crosta terrestre, forma as rochas intrusivas e quando expelido pelos vulcões, forma as lavas.

Magma primário: magma gerado diretamente de fusão parcial de material da crosta ou do manto, que não sofreu qualquer processo posterior que alterasse sua composição original.

Metamorfismo: processo pelo qual uma rocha, para equilibrar-se internamente, e com o meio em que se encontra, ajusta-se, estrutural e/ou mineralogicamente, a condições de pressão e temperatura diferentes daquelas em que foi formada.

Mineral: elemento ou composto químico de ocorrência natural formado como produto de processos inorgânicos.

Minério: agregado de minerais rico em um determinado mineral ou elemento químico que é economicamente e tecnologicamente viável para extração.

Movimento tectônico: deslocamento de massa originada por forças induzidas pela dinâmica interna do planeta que impõe tensão aos maciços rochosos.

N

Nascente: manifestações superficiais de lençóis subterrâneos, que dão origem a cursos d'água.

P

Páleo: termo que indica algo antigo, velho.

Paleontologia: ciência que estuda as formas de vida existentes em períodos geológicos passados, a partir dos seus fósseis.

Paleoambiente: Ambiente antigo, existente em determinado período geológico

Paleobiogeografia: ramos da Paleontologia que estuda distribuição de grupos de organismos (fósseis) visando a reconstituição da geografia terrestre.

Pelito: termo genérico aplicado a rochas sedimentares de granulometria fina.

Pirobetuminoso: Que tem substância orgânica (querogênio) que se torna sólida à temperatura ambiente.

Piroclasto: material produzido através de erupções vulcânicas explosivas. Quando compactado e cimentado, recebe a denominação de rocha piroclástica.

Placa tectônica: a crosta terrestre é subdivida, horizontalmente, em partes denominadas pelos geólogos de placas tectônicas. Estas placas se movimentam e do choque entre elas se originam as cadeias de montanhas e os vulcões associados.

Planície aluvial: porção do vale do rio que é coberta pela água durante os períodos de inundação, correspondendo, em verdade, ao chamado leito maior. O mesmo é coberto por sedimentos aluviais, os quais no decorrer do tempo geológico dão lugar aos terraços.

Planície deltáica: superfície aplainada próxima à desembocadura da corrente fluvial. Abrange a parte subaérea da estrutura do delta onde, em geral, a corrente principal se subdivide.

Poço tubular: Estrutura de captação de água subterrânea. Seu diâmetro médio é de seis polegadas, podendo variar entre duas e dez ou doze polegadas.

Q

Quartzo: segundo mineral mais abundante da Terra, formado a partir da sílica. Mineral que ocorre em abundância tanto nas rochas ígneas, quanto nas metamórficas ou sedimentares.

Quartzito: rocha metamórfica proveniente da recristalização do arenito cujo componente principal é o quartzo.

Quaternário: é o primeiro período geológico da Era Cenozoica, compreendendo os últimos 1,75 milhão de anos da terra.

R

Recarga: quantidade de água recebida por um aquífero a partir da chuva, ou a partir da rede hidrográfica. Realimentação.

Riolito: rocha ígnea vulcânica de cor clara, correspondente extrusiva do granito. É densa e possui uma granulação fina.

Rocha ácida: rocha ígnea com alto teor de sílica e baixo teor de ferro, magnésio e cálcio.

Rocha básica: rocha ígnea com baixo teor de sílica e alto teor de ferro, magnésio e cálcio.

S

Saibro: material proveniente da decomposição química incompleta de rochas (granitos e gnaisses), conservando vestígios da estrutura/textura original. O saibro comum é muito poroso e permeável, sendo desmontável com enxadão.

Sal-gema: designação utilizada comumente para a halita (NaCl), rocha feita de sal, com traços de iodo, bromo, ferro, flúor e silício.

Sedimento: material sólido desagregado, originado da alteração de rochas preexistentes e transportado ou depositado pelo ar, água ou gelo.

Seixo: partícula de sedimento clástico não consolidado, com diâmetro variando de 4 mm a 64 mm.

Sill: intrusão ígnea tabular concordante com as estruturas das rochas circundantes.

Silte: partícula de sedimentos clásticos não consolidados, com diâmetro variando entre 0,05mm e 0,005mm.

T

Talude: superfície inclinada do terreno na base de um morro ou de uma encosta de vale onde se encontra um depósito de detritos.

Terraço: superfície horizontal ou levemente inclinada, constituída por depósito de sedimentos, ou superfície topográfica modelada pela erosão fluvial, marinha ou lacustre.

Textura: termo genérico utilizado para caracterizar a aparência física de uma rocha, incluindo o aspecto geométrico das partículas componentes ou cristais e as relações mútuas entre elas.



Trilobita: grupo extinto no Paleozoico amplamente conservado em registro fóssil devido ao seu esqueleto externo (carapaça) feito de cálcio. Eram animais de fundo marinho que viviam, em sua maioria, em zonas pouco profundas, perto da costa.

Turfa: material de origem vegetal, parcialmente decomposto, encontrado em camadas, geralmente em regiões pantanosas e também sob montanhas. Estágio inicial da carbonificação, e que passa desde a massa vegetal morta até o linhito.

V

Vale: depressão topográfica alongada, aberta, inclinada numa direção em toda a sua extensão. Pode ser ou não ocupada por água. Vários são os tipos de vale: fluvial, glacial, suspenso e de falha.

Vale encaixado: vale cujo afundamento do talvegue foi muito grande, originando margens estreitas e vertentes com fortes declives.

X

Xisto: rocha metamórfica de granulação média a grosseira, cujos minerais podem ser reconhecidos macroscopicamente (ao contrário do filito) e é caracterizada por um excelente paralelismo dos minerais.