

Capítulo 5

GEOLOGIA DE ENGENHARIA, RISCOS AMBIENTAIS E PLANEJAMENTO TERRITORIAL

O presente capítulo apresenta uma síntese da importância das áreas da Geologia de Engenharia, Riscos Ambientais e Planejamento Territorial na atuação profissional dos geólogos. Aborda o papel da Geologia de Engenharia como Geociência Aplicada, discutindo as principais bases disciplinares, os campos profissionais e a evolução no Brasil. Discute as principais legislações relacionadas a gestão territorial e urbana no país. Apresenta os principais conceitos relacionados a área de Riscos Ambientais, incluindo aspectos sobre desastres naturais e tecnológicos e da proposta Política Nacional de Meteorologia e Climatologia. Finaliza com a apresentação de dois exemplos da aplicação da Geodiversidade no desenvolvimento sustentável regional e local.

Álvaro Rodrigues dos Santos
Caiubi Emanuel Souza Kuhn
Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Kátia Canil
Ronaldo Malheiros Figueira
Augusto José Pereira Filho
Marcos Antônio Leite do Nascimento
Rosemary Hoff

SUMÁRIO

5.1 GEOLOGIA DE ENGENHARIA: UMA GEOCIÊNCIA APLICADA

5.1.1 As relações entre a Geologia de Engenharia e a Engenharia Geotécnica

5.2 BASE DISCIPLINAR E CAMPOS PROFISSIONAIS NA GEOLOGIA DE ENGENHARIA

5.3 A EVOLUÇÃO DA GEOLOGIA DE ENGENHARIA NO BRASIL

5.4 EVOLUÇÃO DO APARATO LEGAL NA GESTÃO TERRITORIAL E URBANA

5.5 RISCOS AMBIENTAIS E ORDENAMENTO TERRITORIAL

5.5.1 Política Nacional de Meteorologia e Climatologia

5.6 APLICAÇÃO DA GEODIVERSIDADE E O PLANEJAMENTO TERRITORIAL

5.6.1 Geoparques e a Gestão Territorial

5.6.2 Geologia do vinho: identidade regional na viticultura do Rio Grande do Sul

5.1 GEOLOGIA DE ENGENHARIA: UMA GEOCIÊNCIA APLICADA

Mesmo constituindo uma das geociências aplicadas de maior e crescente importância para o sucesso dos empreendimentos humanos no planeta, e para o sucesso da própria humanidade como espécie, a Geologia de Engenharia ainda é pouco conhecida do grande público e até de setores técnicos próximos, especialmente no que se refere a sua conceituação, sua vinculação científica principal e seu raio de ação.

Entre os campos de aplicação da Geologia, destacam-se a Geologia Econômica, que tem por missão a busca e a lavra de todos os recursos minerais de interesse do homem (aí inclusos todos os tipos de minérios, o petróleo, o gás natural, a água subterrânea), e a Geologia de Engenharia, cuja missão maior é compatibilizar, tecnicamente, toda intervenção do homem no planeta com as características geológicas naturais (o ambiente geológico) de cada região ou local afetado.

De uma forma concisa, pode-se entender a Geologia de Engenharia como a Geociência Aplicada responsável pelo domínio tecnológico da interface entre a atividade humana e o meio físico geológico.

A *IAEG (International Association for Engineering Geology and the Environment)*, refletindo o crescimento exponencial dos problemas ambientais em todo o mundo, atualizou sua conceituação epistemológica oficial para Geologia de Engenharia, a qual consta de seus estatutos e já dos estatutos da ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental):

Geologia de Engenharia é a ciência dedicada à investigação, estudo e solução de problemas de Engenharia e do Meio Ambiente decorrentes da interação entre a geologia e outras ciências correlatas e os trabalhos e atividades humanas (ABGE, 2013).

A Geologia de Engenharia, por outro lado, integra, com a Mecânica dos Solos e com a Mecânica das Rochas, alimentando-se reciprocamente, o grande campo da Geotecnia, que reúne todo o ferramental científico e tecnológico para o mais correto equacionamento, dimensionamento e execução de obras de engenharia, no que diz respeito a suas relações com os terrenos e materiais naturais com os quais interferem.

Em que pese já ser muito antigo o uso de informações geológicas para o benefício do homem, desde mesmo o tempo das cavernas como abrigo e moradia, a Geologia de Engenharia, como uma geociência aplicada sistematizada e individualizada, é relativamente recente. No Brasil, sua introdução e desenvolvimento ocorreram, especialmente, a partir do final da década de 1950, como consequência do surto de construção de grandes obras de infraestrutura no país.

A partir de meados dos anos 1970, a Geologia de Engenharia brasileira, já considerada destacadamente em todo o mundo por sua alta qualidade, ampliou, consideravelmente, seu campo de ação, objetivando o diagnóstico e a solução dos graves problemas de ordem regional e ambiental que atingem o país. Com isso, assumiu suas responsabilidades fundamentais e insubstituíveis no suporte técnico-científico ao preceito conceitual do desenvolvimento sustentado, qual seja, o desenvolvimento provedor de qualidade de vida no planeta para a atual e para as gerações futuras.

Para o atendimento de suas necessidades (energia, transporte, alimentação, moradia, segurança física, saúde, comunicação etc.), o homem é, inexoravelmente, levado a ocupar e modificar espaços naturais nas mais diversas formas (cidades, indústrias, usinas elétricas, estradas, portos, canais, agropecuária, extração de minérios e madeira, disposição de rejeitos ou resíduos industriais e urbanos), fato que já o transformou no mais poderoso agente geológico, hoje atuante na superfície do planeta.

Caso esses empreendimentos não levem em conta as características dos materiais e dos processos geológicos naturais com que vão interferir e interagir, desde a fase de projeto até a implantação e a operação, é quase certo que a natureza responda por meio de acidentes locais (rompimento de uma barragem, colapso de uma ponte, ruptura de um talude, por exemplo), ou problemas regionais (assoreamento de um rio, de um reservatório, de um porto, ou a contaminação de solos e de águas subterrâneas, por exemplo), consequências extremamente onerosas social e financeiramente, e, muitas vezes, trágicas, no que diz respeito à perda de vidas humanas. Fornecer informações para que essas ações humanas levem em conta o fator geológico de forma correta, garantindo, então, seu êxito técnico/econômico/social e evitando as graves consequências referidas, constitui o objetivo essencial da Geologia de Engenharia.

É indispensável, nesse contexto, que o geólogo conheça, exatamente, quais os tipos mais comuns de solicitação que os diferentes empreendimentos (barragens, estradas, minerações, cidades, metrô, aterros sanitários, agropecuária) impõem aos terrenos, o que lhe permitirá orientar e objetivar as investigações que se seguirão e a comunicação de seus resultados.

De outra parte, é fundamental, para o sucesso das operações de engenharia, que estas se apoiem em um perfeito casamento entre a solução adotada, as características geológicas dos terrenos e materiais afetados, e os processos geológico-geotécnicos naturais ou, eventualmente, provocados pela implantação de um pretendido empreendimento. Daí, a essencial importância da exatidão do diagnóstico fornecido pelo geólogo de engenharia, no âmbito do qual devem estar descritos todos os fenômenos que podem ser esperados da interação solicitações/meio físico geológico. Ou seja, a Geologia de Engenharia tem uma abordagem técnica essencialmente fenomenológica.

Por outro lado, a Geologia de Engenharia só conseguirá cumprir cabalmente essa responsabilidade, e assim ser útil à Engenharia e à sociedade em um sentido mais amplo, na medida em que não se descole de suas raízes disciplinares, de sua ciência-mãe, a Geologia, o que significa exercitar e priorizar seu principal instrumento de trabalho, o raciocínio geológico. Essa precaução fará com

que tenha sempre, como ponto de partida, a consciência de que qualquer ação humana sobre o meio fisiográfico interfere, não só limitadamente, em matéria pura, mas significativamente, em matéria em movimento, ou seja, em processos geológicos, sejam menos ou mais perceptíveis, sejam mecânicos, físico-químicos ou de qualquer outra natureza, estejam temporariamente contidos ou em pleno desenvolvimento.

5.1.1 As relações entre a Geologia de Engenharia e a Engenharia Geotécnica

Em sã consciência, não há, hoje, quem coloque em dúvida a fundamental importância de que os projetos de engenharia, ou quaisquer outras intervenções humanas sobre o planeta, devam levar em plena consideração as características geológicas dos terrenos afetados.

Entretanto, no ambiente geotécnico brasileiro, são ainda comuns dúvidas e desencontros muito grandes sobre como deve ocorrer na prática profissional essa indispensável interação entre a Geologia e a Engenharia; nesse caso, mais precisamente entre a Geologia de Engenharia e a Engenharia Geotécnica.

Em não raros casos, essa dificuldade explica-se, ainda, em visões limitadas e preconceitos menores de parte a parte, mas, não há dúvida de que, fundamentalmente, o desconhecimento teórico, sobre como essas duas geotecnologias aplicadas devem interagir metodologicamente, é que se impõe como o principal fator limitante de um trabalho mais rico e resolutivo entre os profissionais envolvidos.

De início, é importante firmar alguns conceitos preliminares. O grande campo da Geotecnia é composto, basicamente, pela Engenharia Geotécnica (EG) e pela Geologia de Engenharia (GE). Partem, portanto, dessas duas geotecnologias, os conhecimentos necessários a levar a bom termo qualquer empreendimento humano que interfira diretamente no meio físico geológico, ou que use materiais geológicos naturais como elementos construtivos.

Importante, nesse contexto interdisciplinar, entender que, em todas as fases de um empreendimento, deva existir sempre um sadio e eficiente espírito de equipe, uma ação continuamente colaborativa e interdisciplinar entre as diversas modalidades profissionais atuantes. É fundamental que nunca se perca de vista a responsabilidade maior que uma modalidade deva exercer, e por ela responder, em cada atividade e em cada fase de trabalho.

Nas investigações geológico-geotécnicas, que antecedem o Projeto e o Plano de Obra e se prolongam no período de obra e na própria operação do empreendimento, essa responsabilidade maior é da Geologia de Engenharia.

No entanto, a missão da Geologia de Engenharia não se reduz a entregar à engenharia um arrazoado sobre a geologia local, a posição do NA, um punhado de perfis e seções geológicas e outro punhado de índices geotécnicos relativos aos diversos materiais presentes. O trabalho da Geologia de Engenharia transcende essa limitada e apequenada visão meramente descritiva e parametrizadora, a qual, infelizmente, ainda é bastante comum entre geólogos executantes e engenheiros geotécnicos demandantes.

Como já afirmado, a abordagem da Geologia de Engenharia é essencialmente fenomenológica. Todos os dados e informações anteriormente mencionados são muito importantes, porém, o produto final e essencial das investigações geológico-geotécnicas, na fase anterior ao Projeto e ao Plano de Obra, é um quadro fenomenológico, onde todos esses parâmetros não estejam soltos ou isolados, mas, sim, associados e vinculados a esperados comportamentos do maciço e dos materiais afetados pelas futuras solicitações da obra. Ou seja, a missão maior da Geologia de Engenharia está em oferecer à Engenharia (*lato sensu*) um quadro completo dos fenômenos geológico-geotécnicos que podem ser esperados da interação entre as solicitações típicas do empreendimento que foi ou será implantado e as características geológicas (materiais e processos) dos terrenos afetados. A esse quadro fenomenológico, a Geologia de Engenharia junta suas sugestões de cuidados e providências que projeto e obra deverão adotar para que esses fenômenos estejam sob seu total controle.

Assim, todo o esforço investigativo da Geologia de Engenharia deve ser orientado, desde o primeiro momento, a propor, aferir, descartar e confirmar hipóteses fenomenológicas, de forma a obter seu quadro fenomenológico ao final.

A partir desse ponto, a Geologia de Engenharia entrega o bastão de comando (e responsabilidade maior) para a Engenharia Geotécnica, passando a assumir, nesta nova fase, o papel de apoio e complementação. Deve ser lembrado que a frente de obra sempre constituirá um lócus privilegiado para a confrontação das hipóteses levantadas, para as investigações complementares que se mostrem necessárias e para o monitoramento dos parâmetros geológicos e geotécnicos envolvidos nos fenômenos identificados como possíveis.

Por seu lado, a Engenharia Geotécnica, entendida como a engenharia dedicada à resolução dos problemas associados às solicitações impostas pelos empreendimentos humanos ao meio físico geológico, tem como sua missão maior a definição final, em âmbito de Projeto e Plano de Obra, das soluções de engenharia e seus exatos dimensionamentos físicos e matemáticos, zelando, juntamente com a Geologia de Engenharia, pela plena compatibilidade e solidariedade entre as soluções adotadas e os fenômenos geológico-geotécnicos a que se relacionam.

Dentro desse entendimento, ainda que sempre no âmbito de um trabalho permanentemente solidário e colaborativo, será de total responsabilidade da Geologia de Engenharia qualquer problema que venha a acontecer e que decorra de fenômeno geológico-geotécnico, que não tenha sido previsto, ou corretamente descrito, em seu quadro fenomenológico. Será também de total responsabilidade da Engenharia Geotécnica qualquer problema que advenha do fato de que o projeto e/ou o plano de obra não tenha

levado em conta, e de maneira adequada, algum fenômeno potencial incluído no referido quadro.

Compreende-se, assim, a extrema importância de geólogos e engenheiros comungarem perfeito entendimento sobre a natureza e fundamentos de suas responsabilidades específicas no desenvolvimento de projetos de engenharia em sua prática profissional e em suas relações no âmbito do sistema CONFEA/CREAs. A compreensão mais exata dessas diferentes responsabilidades é que permitirá sempre o indispensável convívio harmonioso entre as duas categorias profissionais.

5.2 BASE DISCIPLINAR E CAMPOS PROFISSIONAIS NA GEOLOGIA DE ENGENHARIA

Além da própria Geologia, como ciência matriz, e da Mecânica das Rochas e da Mecânica dos Solos, como disciplinas correlatas na Geotecnia, a Geologia de Engenharia se vale de uma série de ciências e disciplinas conexas para seu integral exercício, conforme apresenta a **Figura 5.1**.

Deve-se destacar a enorme importância da Geomorfologia, como base de informação primária para a identificação dos processos atuais e pretéritos que caracterizam uma dada região. As formas e a dinâmica (morfodinâmica) do relevo constituem sinais valiosíssimos que a natureza oferece ao geólogo para a compreensão de suas leis e características. Compreendidos esses atributos, torna-se extremamente facilitada a avaliação dos resultados da interação das solicitações de determinado empreendimento humano com o meio físico geológico, com o qual interfere.

Ainda que o geólogo de engenharia possa adotar um perfil profissional eclético, é mais comum observar-se uma determinada especialização em um ou mais campos de atividade. No **Quadro 5.1**, relaciona-se, sem pretensão exaustiva, os campos profissionais de aplicação que se têm consolidado, até hoje, no país e no mundo. São determinados, tanto por tipo de solicitação aos terrenos, como por tipos de fenômenos geotécnicos, técnicas de apoio, outras áreas de conhecimento e campos de atividade.

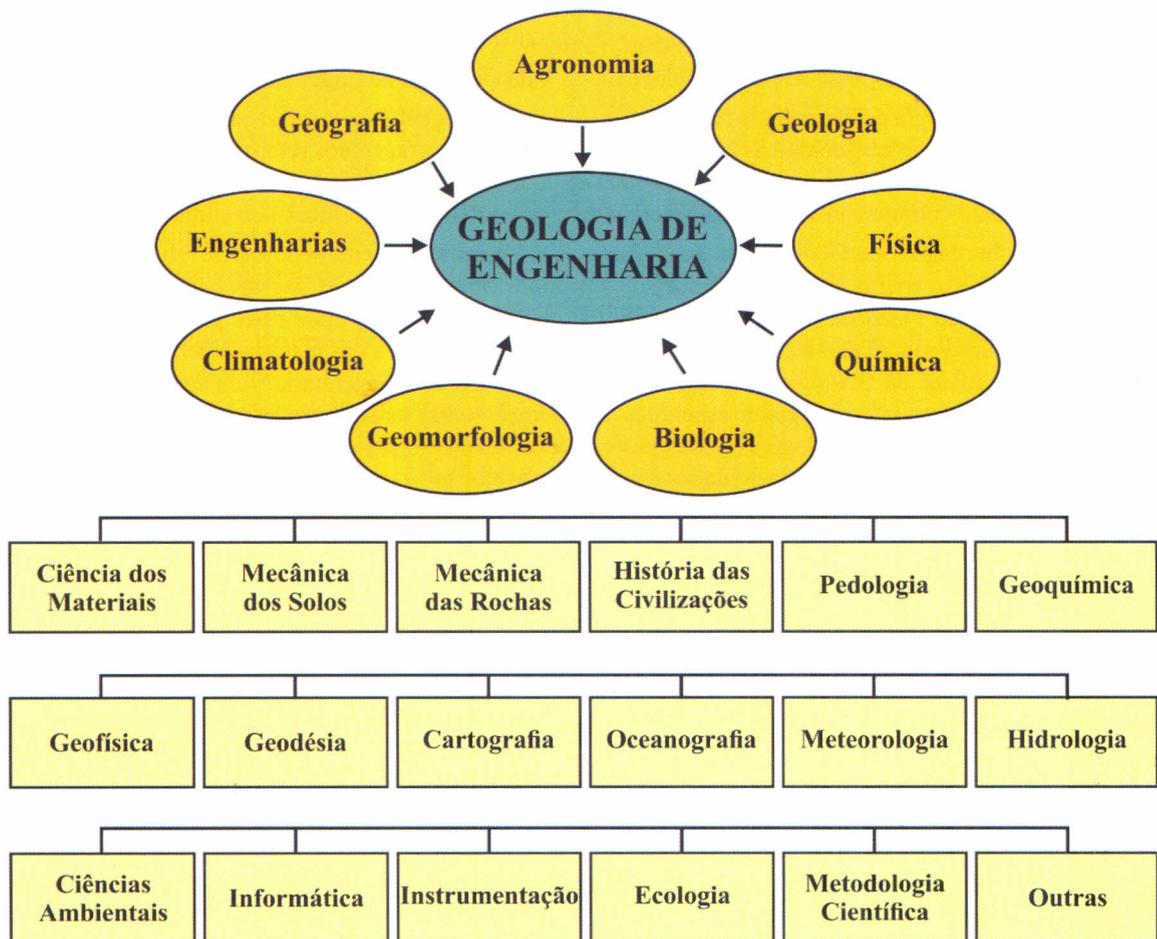


Figura 5.1 – Bases disciplinares de apoio à Geologia de Engenharia.

Quadro 5.1 – Campos profissionais de aplicação da Geologia de Engenharia.

Campos profissionais de aplicação	
Barragens	Erosão e assoreamento
Obras viárias	Colapso e subsidência
Obras subterrâneas	Hidrogeotecnia
Fundações	Métodos de investigação de terrenos e materiais
Taludamento, desmonte, escavações	Instrumentação geológico- geotécnica
Cidades	Cartografia Geotécnica
Exploração mineral	Informática Aplicada
Agricultura	Geofísica Aplicada
Portos, vias navegáveis, lagos e canais	Geologia histórica/dinâmica externa/interna
Impactos ambientais - disposição de resíduos	Ensino
Riscos geológicos	Arqueologia/Paleontologia
Materiais naturais de construção	Espeleologia
Estabilidade de taludes e encostas	Exploração espacial
Estabilidade de maciços	Outros

5.3 A EVOLUÇÃO DA GEOLOGIA DE ENGENHARIA NO BRASIL

Vargas (1985) destaca os relatos do Engenheiro Miguel Arrojado Lisboa sobre as obras de prolongamento da Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, em 1907, como o primeiro registro documental da utilização da Geologia em apoio a obras de engenharia no Brasil.

Antes e após esse evento, Vargas (1985) e Ruiz (1987) consideram a possibilidade real de outras contribuições equivalentes da Geologia, mas sem recuperação documental, e destacam, como o segundo grande marco histórico, a criação, em 1937, da Seção de Geologia e Petrografia, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, sob a chefia do Engenheiro Luiz Flores de Moraes Rego e, já em 1938, com o nome de Seção de Geologia e Minas, sob a chefia de Tharcisio Damy de Souza Santos. Ambos são autores do histórico Boletim nº 18 do IPT “Contribuições para o Estudo dos Granitos da Serra da Cantareira”, em colaboração com, os então assistentes-alunos, Fernando Flávio Marques de Almeida e Ernesto Pichler, que tanto viriam marcar a história da Geologia no país.

Foi, no entanto, com os trabalhos práticos intensivos e a produção bibliográfica de Ernesto Pichler, nas décadas de 1940 e 1950, que a Geologia de Engenharia brasileira foi, pela primeira vez, disciplinarmente individualizada.

Nas décadas de 1960 e 1970, já com a então Seção de Geologia Aplicada do IPT, sob o dinâmico e prospectivo comando do Engenheiro Murillo Dondici Ruiz, ex-assistente-aluno de Pichler, a Geologia de Engenharia brasileira, respondendo à implantação de grandes e diferenciadas obras de infraestrutura, observou um espetacular desenvolvimento, dando efetiva e reconhecida colaboração para alçar a Engenharia Nacional ao nível da melhor engenharia internacional, com soluções avançadas e aplicadas às características fisiográficas e socioeconômicas do país e de suas diferentes regiões.

Nessa fase, o exercício da Geologia de Engenharia no Brasil, contando com o precioso aporte da consultoria e ensinamentos de formidáveis geotecnologistas do exterior, Terzaghi, Fox, Cabrera, Deere, entre outros, foi natural e fortemente influenciado pelo ritmo das inúmeras grandes obras em implantação em todo o país, e pelos paradigmas técnicos da Engenharia Geotécnica, levando-a a priorizar o esforço de parametrização geotécnica. Desta fase resultou, como fator extremamente positivo, uma singular intimidade dos geólogos de engenharia, que se formavam autodidaticamente neste período em diversos estados brasileiros, com os mais diversos aspectos dos grandes empreendimentos de engenharia e das diferentes solicitações ao meio físico geológico provocadas nas diversas

fases de sua implantação e de sua posterior operação. Esta singularidade histórica, como ressalta Ruiz (1987), foi responsável pelo perfil objetivo e eficiente que marca a Geologia de Engenharia brasileira frente a suas congêneres internacionais.

Nas décadas subsequentes (1970, 1980, 1990 ...), a Geologia de Engenharia brasileira, respondeu aos novos desafios técnicos que lhe foram colocados pelo acelerado e diversificado processo de interferência do crescimento econômico brasileiro em sua fisiografia de suporte, por meio de uma diferenciada gama de problemas urbanos, rurais e ambientais. Desse modo, apreendeu que os processos geológicos e geomorfológicos, e sua relação biunívoca com as solicitações então impostas, são tão importantes quanto as características intrínsecas dos materiais (solos e rochas), afetados por um determinado empreendimento. Com isso, a Geologia de Engenharia brasileira galgou, com a participação ativa e adesão dos geólogos pioneiros, um patamar disciplinarmente mais personalizado.

Neste novo patamar, destacam-se, de um lado, a revalorização dos conhecimentos e dos instrumentos e procedimentos metodológicos próprios da Geologia, e, de outro, a percepção definitiva de que os patrimônios naturais, de alguma forma afetados pela atividade humana, são finitos e apresentam propriedades e comportamentos próprios que, uma vez não considerados, podem concorrer para respostas catastróficas ante os interesses maiores da sociedade.

Em 1976, foi apresentado, no 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, o trabalho “Por menos ensaios e instrumentações e por uma maior observação da natureza”, que marca, definitiva e conceitualmente, o movimento de aproximação metodológica da Geologia de Engenharia com a Geologia, entendida, então, como sua ciência matriz.

Nesse período, foi também emblemática a participação dos Profs. Fernando Flávio Marques de Almeida, José Moacyr Vianna Coutinho e Yociteru Hassui, reconhecidamente entre os mais brilhantes geólogos brasileiros, como consultores permanentes da Divisão de Minas e Geologia Aplicada do IPT, para o apoio em Geologia Básica e Petrologia a diversos trabalhos de Geologia de Engenharia.

Foram, então, definitivamente incorporados à prática da Geologia de Engenharia brasileira atributos e responsabilidades como: modelagem geológica/geomorfológica, identificação e avaliação de processos, análises e modelagens fenomenológicas, análises de previsibilidade e risco, avaliação e tratamento de impactos ambientais etc.

Pelo exposto, percebe-se que a década de 1970 foi excepcional e marcante para a Geologia de Engenharia brasileira, abrigando tanto as ações e os fatos que corroboraram para sua definitiva consolidação no cenário tecnológico brasileiro, como já os elementos fundamentais que marcaram as características da fase posterior, quando se deu sua definitiva personalização disciplinar e a diversificação de suas aplicações, tendo como sua mais virtuosa marca o resgate da Geologia de Engenharia brasileira para o domínio conceitual e metodológico da Geologia.

O **Quadro 5.2** apresenta, esquematicamente, as diversas fases históricas da Geologia de Engenharia no Brasil: Primórdios, Maturação, Consolidação e Personalização/Diversificação.

Quadro 5.2 – Fases históricas da Geologia de Engenharia (GE) brasileira.

Fases	Período	Características	Marcos
Primórdios	Até 1930	Oferecimento de informações geológicas gerais e/ou acadêmicas. Ausência de uma experiência nacional.	- Pesquisa de materiais naturais de construção. - Implantação de ferrovias e obras de saneamento.
Maturação	1930 ≅ 1960	Crescente valorização das informações geológicas pela engenharia. Primeiros equacionamentos conceituais e disciplinares para GE. Ações pontuais e baixa participação de geólogos nas decisões de engenharia.	- Criação, em 1937, da Seção de Geologia e Petrografia do IPT. - Atuação prática e produção bibliográfica de Ernesto Pichler. - Vinda de Terzaghi ao Brasil. - Implantação de obras viárias e energéticas na Serra do Mar. - Implantação e estudos de UHEs em todo o país.
Consolidação	1960 ≅ 1975	Aceitação indiscutível da informação geológica como instrumento indispensável da engenharia. Grande influência dos paradigmas da engenharia na GE. Priorização da parametrização. Início da participação de geólogos na concepção de projetos e soluções de engenharia.	- Formatura das primeiras turmas de geólogos brasileiros. - Presença no país dos melhores geotecnologistas do mundo. - Normatização de ensaios e técnicas de investigação. - Explosiva implantação de obras de infraestrutura viária e energética em todo o país. - Equipes de GE em empresas públicas e privadas. - Fundação e atuação da APGA/ ABGE. - Realização do Congresso Internacional da IAEG no Brasil.
Personalização e Diversificação	1975 até hoje	Resgate da GE para os domínios conceituais da Geologia. Priorização do raciocínio geológico e da interpretação fenomenológica. Participação crescente e decisiva de geólogos na concepção de projetos e soluções de engenharia e de planejamento do uso do solo.	- Aplicação extensiva da GE em problemas urbanos e rurais. - Explosão da problemática ambiental. - Uso intensivo das ferramentas cartográficas. - Refinamento de técnicas diretas e indiretas de investigação. - Intensa produção bibliográfica na GE brasileira. Edição do primeiro livro-texto brasileiro.

5.4 EVOLUÇÃO DO APARATO LEGAL NA GESTÃO TERRITORIAL E URBANA

O início do século XXI foi marcado pelo esforço internacional em fortalecer uma agenda mundial focada na sustentabilidade e no combate às mudanças climáticas. Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) apresentam 17 eixos temáticos e 169 metas que irão orientar os governos até 2030 (ONUBR, 2019). A gestão territorial e o uso sustentável de recursos naturais são alguns dos temas abordados ao longo da agenda.

A Constituição Federal (BRASIL, 1988) estabelece, como função do governo federal, o desenvolvimento de mapeamentos de informações geológicas do território nacional, assim como determina os recursos minerais e hídricos como patrimônio dos brasileiros. A União e os estados possuem um importante papel no desenvolvimento das políticas, contudo, para avançar no aprimoramento da gestão pública, é preciso fortalecer a atuação dos geólogos nos municípios.

Diversas legislações fundamentam a atuação do geólogo nas políticas de gestão do território, mineração e recursos hídricos, conforme pode ser observado no **Quadro 5.3**.

Quadro 5.3 – Legislações federais relacionadas à atuação do geólogo na gestão pública.

LEGISLAÇÕES PERTINENTES	
Uso e ocupação do solo	
Lei no 6.766, de 19 de dezembro de 1979	Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.
Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001	Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010	Dispõe sobre as transferências de recursos da União aos órgãos e entidades dos Estados, Distrito Federal e Municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco de desastres e de resposta e de recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o Fundo Nacional para Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil; e dá outras providências.
Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012	Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.
Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015	Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências.
Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017	Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, sobre a liquidação de créditos concedidos aos assentados da reforma agrária e sobre a regularização fundiária no âmbito da Amazônia Legal; institui mecanismos para aprimorar a eficiência dos procedimentos de alienação de imóveis da União.
Mineração	
Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967	Código de Minas.
Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017	Altera as Leis nºs 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990, para dispor sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM).
Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017	Cria a Agência Nacional de Mineração (ANM); extingue o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); altera as Leis nºs 11.046, de 27 de dezembro de 2004, e 10.826, de 22 de dezembro de 2003; e revoga a Lei no 8.876, de 2 de maio de 1994, e dispositivos do Decreto-Lei no 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).
Recursos hídricos	
Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

Fonte: Brasil (1967), Brasil (1979), Brasil (1997), Brasil (2001), Brasil (2010a), Brasil (2010b), Brasil (2012a), Brasil (2015), Brasil (2017a), Brasil (2017b), Brasil (2017c)

O crescimento populacional e a concentração de pessoas nas cidades, somados a uma demanda cada vez maior de alimentos, recursos naturais e energéticos, tendem a tornar cada vez mais intensa a disputa pela utilização do território. A intensificação da intervenção do ser humano no meio ambiente, somando-se às alterações do clima local e global, aponta para uma necessidade crescente de aprimoramento das informações geológicas e do acompanhamento dos processos do meio físico, visando a construção de cidades sustentáveis e a utilização adequada do território.

Ainda de 1979, a Lei nº 6.766, que dispõe sobre o parcelamento do solo no meio urbano, vincula o parcelamento do solo ao Plano Diretor, e proíbe a realização de parcelamento nos seguintes casos:

- a) em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, sem que sejam feitas adequações necessárias; b) em

terrenos com material nocivo à saúde pública, sem que seja resolvido o passivo ambiental; c) em terrenos com declividade superior a 30% que não tenham atendido as exigências dos órgãos competentes; e d) em terrenos onde as condições geológicas não sejam adequadas a edificações e também em áreas de preservação ecológicas ou áreas poluídas (BRASIL, 1979).

Essa legislação estabelece a necessidade de elaboração de laudo geológico em qualquer empreendimento, para que seja realizado o parcelamento de solo. Desta forma, também se torna essencial que os órgãos ambientais, responsáveis pela análise dos processos, possuam, em seus quadros, técnicos com formação adequada para analisar tais relatórios.

Em 2001, a criação do Estatuto das Cidades, por meio da Lei nº 10.257, estabelece que o planejamento municipal utilize a análise do meio físico no parcelamento do solo, zoneamento ambiental e Plano Diretor (BRASIL, 2001). A mesma lei disciplina os projetos de regularização fundiária de interesse social, definindo a inclusão de itens adicionais como: a situação ambiental, as intervenções necessárias para o controle de riscos geotécnicos e de inundações, a recuperação de áreas degradadas e a comprovação de melhorias, objetivando a sustentabilidade urbana e ambiental, sob a perspectiva dos recursos hídricos e das unidades de conservação.

Em complemento, no caso de famílias com renda de até três salários mínimos, a lei abre caminho para o fornecimento de assistência técnica pública e gratuita para construção de projetos de moradias, visando evitar ocupações de áreas de risco ou de interesse ambiental (BRASIL, 2001). O planejamento correto do uso e ocupação do solo também pode auxiliar as cidades na gestão dos microclimas, de modo a evitar fenômenos como ilhas de calor.

Os planos diretores citados na lei devem ser elaborados considerando as condicionantes geológicas, geotécnicas e ambientais. Para que esses fatores sejam analisados de forma correta, os municípios precisam elaborar cartas geotécnicas municipais, identificando as condições e limitações do território, elencando, por exemplo, as áreas de risco existentes ou locais que, em caso de ocupação inadequada, possam levar ao desenvolvimento de processos que comprometam o meio físico e gerem impacto social. As cartas geotécnicas, assim como os planos diretores, devem ser atualizadas, uma vez que, com o decorrer do tempo e o desenvolvimento de processos do meio físico, novas limitações podem ser observadas.

As diretrizes e os mecanismos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecida pela Lei nº 12.305/2010, também reforçam a necessidade do planejamento territorial municipal e regional, visando à destinação correta de resíduos. A articulação entre municípios é incentivada por meio da priorização de acesso a recursos por iniciativas consorciadas, nas quais os municípios trabalhem de forma conjunta. A escolha do local para implantação de uma central de tratamento de resíduos, ou um aterro sanitário, leva em consideração, entre outros aspectos, as características do meio físico, identificando os diferentes elementos da geodiversidade, pois, se construídos em locais inadequados, esses empreendimentos podem gerar um perigoso passivo ambiental.

A importância da gestão territorial urbana e rural também é abordada no Estatuto das Metrópoles, promulgado pela Lei nº 13.089/2015 (BRASIL, 2015). Alterações realizadas no Estatuto, pela Lei 13.683, de 2018, estabelecem a necessidade de realizar delimitações em áreas sujeitas a controle especial, devido a risco de desastres naturais (BRASIL, 2015).

Na última década, o Brasil avançou muito na legislação relacionada a desastres naturais, sendo de grande importância e relevância para atuação dos geólogos nos municípios. A Lei nº 12.608/2012 criou a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC, e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC, modificando diversas leis relacionadas ao uso e ocupação do solo. Entre essas, alterou a lei que rege sobre o parcelamento de solo (BRASIL, 1979), na qual, a partir de 2012, foi estabelecida a necessidade de atendimento aos requisitos técnicos existentes na carta geotécnica, para que seja autorizado o parcelamento do solo em municípios inseridos no cadastro nacional de áreas com possibilidades de deslizamentos, inundações ou outros processos geológicos bruscos (BRASIL, 2012a).

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil busca desenvolver uma cultura nacional que visa minimizar as ocorrências, por meio da prevenção a desastres e da redução do risco. Para isso, os municípios incluídos no cadastro nacional devem elaborar cartas geotécnicas de aptidão a urbanização e mapeamento de áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, inundações bruscas ou outros processos geológicos ou hidrológicos similares. O desenvolvimento de planos de contingência e a elaboração de planos de obras e serviços para redução do risco de desastres, também constituem mecanismos da política (BRASIL, 2012a).

A transferência de recursos federais, para os municípios desenvolverem medidas de prevenção em áreas de risco, resposta e recuperação em áreas atingidas por desastres, é disciplinada pela Lei nº 12.340/2010 (BRASIL, 2010) e por alterações incluídas na Lei nº 12.983/2014. É fundamental destacar a importância desta legislação, pois muitas prefeituras no Brasil possuem uma situação financeira delicada e, devido à falta de conhecimento dos gestores, utilizam a falta de recursos como justificativa para não executar as medidas cabíveis, negligenciando as áreas de risco e apostando na não ocorrência de desastres. Entretanto, a atitude mais adequada do gestor compreende a contratação de profissionais habilitados para desenvolver os estudos necessários, visando atender o disposto nas políticas citadas. Desta forma, o município pode acessar verbas federais para realizar as intervenções de prevenção a desastres, reduzindo o risco, além de melhorar a qualidade de vida da população.

Em relação aos recursos hídricos, a Lei nº 9.433/1997 institui a necessidade de outorga para utilizar água extraída de aquífero, estabelecendo, também, como infração a perfuração de poços e extração de água sem a devida autorização (BRASIL, 1997). Apesar de a política de recursos hídricos estar sob a gestão dos governos estaduais, é importante que os municípios acompanhem o panorama das águas superficiais e subterrâneas, pois crises hídricas ocorrem, de tempos em tempos, em diversas regiões do Brasil, e a gestão incorreta das águas subterrâneas pode desencadear uma série de processos no meio físico, ocasionando ou agravando problemas ambientais e geotécnicos.

O uso e ocupação do solo e a gestão dos recursos hídricos estão ligados diretamente à Geologia de Engenharia e Ambiental. Segundo Carvalho et al. (2018), nos municípios, esta área do conhecimento lida com: enchentes e inundações; deslizamentos em encostas naturais; ruptura de taludes de corte e aterros; processos erosivos e assoreamento; histórico geológico; abatimentos e recalques de terrenos; solapamentos e ruptura de margens de cursos d'água; processos destrutivos associados à erosão costeira; colapso de obras superficiais e subterrâneas; patologias diversas em fundações; contaminação de solos e de águas superficiais e subterrâneas; deterioração precoce de infraestrutura urbana; rebaixamento do lençol freático; perda de mananciais de águas superficial e subterrânea; acidentes ambientais, e degradação do meio físico geológico e hidrológico.

O conhecimento adequado do meio físico possibilita realizar o planejamento territorial, considerando a utilização de recursos minerais de forma sustentável e permitindo o acompanhamento do ciclo de minerações no município, desde a pesquisa até o fechamento da mina, como, por exemplo, no caso dos agregados para construção civil, fundamentais para o desenvolvimento das cidades e do campo.

O Decreto-lei nº 318/1967, modificado pela Lei nº 9.827, de 1999, permite a órgãos da administração direta e autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, a extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil (BRASIL, 1967; 1999). Desta forma, a gestão municipal necessita conhecer as jazidas minerais existentes em seu território, para que possa executar obras públicas, visando primar pelo princípio da eficiência e pela sustentabilidade, além de garantir a gestão deste recurso a médio e longo prazo.

A exploração de recursos minerais gera uma contribuição financeira para o governo federal, estados e municípios, por meio da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). O recurso advindo desta fonte deve ser aplicado com transparência absoluta, observando o disposto na legislação (BRASIL, 2017a). Os municípios que possuem, em seu território, empreendimentos minerais de grande porte podem, por meio de convênios com Agência Nacional de Mineração (ANM), também desenvolver a fiscalização das atividades de mineração e da arrecadação do CFEM (BRASIL, 2017b). Essa é uma possibilidade que permite ao gestor acompanhar de perto a atividade mineral em funcionamento na região.

Outro campo de atividades profissionais, que vem ganhando espaço no Brasil e que permite a atuação direta do geólogo na construção de uma sociedade sustentável, está na elaboração de estratégias de geoconservação e nas propostas de geoparques. Essas temáticas ainda não possuem legislação federal específica, mas, internacionalmente, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) concede o título de Geoparque Mundial às áreas geográficas unificadas, onde sítios e paisagens de relevância geológica internacional são administrados com base em um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável (UNESCO, 2019). Para alcançar esta forma de gestão, a comunidade local deve ser envolvida e os geoparques possuem uma estrutura formal de gestão, para existirem de forma legal.

As áreas discutidas anteriormente são um breve resumo de algumas das funções que podem ser desenvolvidas por geólogos nos municípios e que são fundamentais para garantir uma sociedade que utilize, de forma correta, os recursos naturais, construindo cidades sustentáveis e que estejam preparadas para as adversidades da natureza.

5.5 RISCOS AMBIENTAIS E ORDENAMENTO TERRITORIAL

A ameaça global relativa a situações de riscos e desastres vem atingindo, indistintamente, territórios em diversos continentes, sobretudo nos últimos cinquenta anos e, assim, denotando uma crescente preocupação em nível internacional. Na sociedade moderna, os riscos ambientais provocam impactos significativos de ordem econômica e social; podem ser de magnitude e intensidade diversas e atingem diretamente os ambientes mais frágeis e as populações mais vulneráveis.

Assim, durante a Assembleia Geral da ONU, em 1989, por meio da resolução nº 44/236, foi instituída a década de 1990 como Década Internacional para a Redução de Desastres Naturais (DIRDN). Em 1994, ocorreu a 1ª Conferência Mundial sobre Prevenção de Desastres Naturais, na cidade de Yokohama, no Japão.

Na ocasião, foram apresentados a Estratégia e o Plano de Yokohama, definindo uma política de redução de desastres. Posteriormente, em 2005, foi realizada a 2ª Conferência Mundial para Redução de Desastres, em Hyogo, no Japão, definindo o Marco de Ação de Hyogo 2005-2015, adotado pelos Estados-membros das Nações Unidas, com o objetivo de aumentar a resiliência das nações e comunidades frente aos desastres, reduzindo perdas de vidas humanas.

Em 2015, durante a 3ª Conferência Mundial da ONU para a Redução de Riscos de Desastres, ocorrida em Sendai, no Japão, foi adotado o Marco de Sendai para redução do risco 2015-2030, reforçando as ações e o compromisso para a redução do risco e o aumento da resiliência a desastres.

O Brasil também esteve representado e assinou esse compromisso, demonstrando a preocupação do país com o tema, que se relaciona com a Política Nacional de Meio Ambiente, de 1981, e com as políticas subsequentes que nasceram após a Constituição Federal de 1988, com a abertura do regime democrático, para atender as demandas na área ambiental. Destacam-se: a Política Nacional de Recursos Hídricos (1997), a Política Nacional sobre Mudança do Clima (2009) e a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (2012), que entrou, definitivamente, para a pauta do governo federal, considerando o tema desastres prioritário em sua agenda.

O tema foi tratado no Plano Plurianual (PPA) 2012–2015 - o Programa nº 2040 “Gestão de Riscos e Resposta a Desastres” - e no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres (PNGRD), ainda em elaboração.

De acordo com a geógrafa Yvette Veyret, riscos ambientais consistem em processos físicos ou tecnológicos, que envolvem eventos imprevisíveis e vulnerabilidades diversas. Eventos imprevisíveis podem ser percebidos e vividos, enquanto a vulnerabilidade evidencia as fragilidades dos sistemas social, político e humano em geral (VEYRET, Y.; MESCHINET DE RICHEMOND, 2007).

Conforme o glossário da Câmara Temática Metropolitana para Gestão de Riscos Ambientais (CTM-GRA), Risco Ambiental pode ser compreendido como o potencial de perda de vida, ferimentos ou destruição ou danos de bens que podem ocorrer em um sistema, sociedade ou comunidade num período de tempo específico, determinado em função da ameaça, exposição, vulnerabilidade e capacidade de resposta.

Lavell (2000) conceitua risco, a partir de um contexto caracterizado pela probabilidade de perdas e danos, como uma possibilidade e uma probabilidade de danos relacionados à existência de determinadas condições na sociedade e seus componentes, que se explicam pela presença de determinados fatores de risco: ameaça e vulnerabilidade. Assim, a ameaça se refere à possibilidade da ocorrência de um evento de natureza física (natural ou tecnológica), que pode causar algum tipo de dano à sociedade, enquanto a vulnerabilidade se refere a uma série de características diferenciadas de uma sociedade, predisposta a sofrer danos frente ao impacto de um evento (ameaça externa) e que, devido a sua fragilidade, encontra dificuldade em se proteger ou em se recuperar posteriormente.

A Secretaria de Estratégias Internacionais de Redução de Desastres da Organização das Nações Unidas (UN/ISDR, 2004) apresenta uma série de conceitos no documento elaborado como uma revisão global sobre as iniciativas e ações para redução de desastres, podendo-se destacar os seguintes:

- **Ameaça (*Hazard*):** potencial de dano de um evento físico, fenômeno ou atividade humana, que pode ocasionar perdas de vida, prejuízos sociais e econômicos, danos a propriedades ou degradação ambiental, incluindo condições latentes que podem representar ameaças futuras e pode ter origem natural (geológica, hidrometeorológica e biológica), ou induzida por atividades humanas (degradação ambiental e ameaças tecnológicas), com origem e efeitos isolados, sequenciais ou combinados. É caracterizada pela localização, intensidade, frequência e probabilidade;
- **Vulnerabilidade (*Vulnerability*):** condições determinadas por fatores e processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ser impactada por ameaças, sendo que os fatores positivos aumentam a habilidade da população de conviver com as ameaças;
- **Risco (*Risk*):** a probabilidade de consequências negativas ou a expectativa de perdas (mortes, feridos, prejuízos sociais e econômicos e danos ambientais) como resultado da interação entre ameaças naturais e induzidas por atividades humanas e as condições de vulnerabilidade (Risco = Ameaças x Vulnerabilidade). Algumas áreas também incluem o conceito de exposição para se referir, particularmente, aos aspectos físicos da vulnerabilidade. Além de expressar uma possibilidade de danos físicos, é crucial reconhecer que os riscos são inerentes ao sistema social, sendo criados ou existindo dentro desse sistema;
- **Avaliação ou Análise de Risco (*Risk assessment/analysis*):** metodologia para determinar a natureza, dinâmica e extensão do risco, analisando as ameaças potenciais e avaliando a existência de condições de vulnerabilidade que possam representar ameaça ou dano potencial a pessoas, propriedades, meios de subsistências ou ambiente, dos quais essas pessoas dependem. O processo de avaliação de risco é baseado em uma revisão dos elementos técnicos das ameaças (tais como: localização, intensidade, frequência e probabilidade) e da análise da vulnerabilidade e exposição das dimensões física, social, econômica e ambiental, considerando, especialmente, a capacidade de enfrentamento em diferentes cenários de risco;
- **Capacidade/Competência (*Capacity*):** combinação de todos os recursos disponíveis em uma comunidade, sociedade ou organização, para reduzir o nível de risco ou os efeitos de um desastre, podendo incluir meios físicos, institucionais, sociais ou econômicos, bem como as habilidades pessoais ou atributos coletivos de liderança e gerenciamento, sendo entendida como aptidão da população;
- **Capacidade de Gestão (*Coping capacity*):** meios pelos quais as populações e as organizações utilizam as habilidades e os recursos disponíveis para gerenciar condições adversas, riscos ou desastres. O desenvolvimento da capacidade de enfrentamento e gestão possibilita uma maior resiliência para resistir aos efeitos das ameaças naturais e das induzidas por atividades humanas;
- **Resiliência (*Resilience/resilient*):** capacidade de adaptação de um sistema, comunidade ou sociedade potencialmente expostos a ameaças, resistindo e mudando, com a finalidade de alcançar e manter um nível aceitável de funcionamento e estrutura. A resiliência é determinada pelo grau de capacidade do sistema social de se organizar, no sentido de aprender com as lições de desastres passados e desenvolver ações e medidas para redução de riscos futuros, e
- **Desastre (*Disaster*):** séria ruptura do funcionamento de uma comunidade ou sociedade, ocasionando generalizadas perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais, excedendo a capacidade da sociedade ou comunidade afetada de lidar com a situação com seus próprios recursos. O desastre é função do risco, resultando da combinação das ameaças, das condições de vulnerabilidade e da capacidade insuficiente para reduzir o potencial negativo das consequências do risco.

Segundo OPAS (2004), as ameaças podem ser classificadas pela origem natural, derivadas da atividade humana, e derivadas da interação da atividade humana e da natureza.

- **Ameaças de origem natural:** correspondem aos fenômenos da natureza que ocorrem de forma espontânea, tais como terremotos,

maremotos, erupções vulcânicas, furacões, tornados, movimentos gravitacionais de massa naturais, inundações sem influência da atividade humana;

- Ameaças derivadas da atividade humana: estão relacionadas às intervenções antropogênicas no espaço vivido, tais como os efeitos da urbanização; acidentes de trânsito, aéreo e aquático; acidentes em obras civis; derramamento de substâncias químicas; guerras; contaminação ambiental; incêndios; explosões; rompimento de barragens, dentre outras, e
- Ameaças derivadas da interação da atividade humana e da natureza: correspondem àquelas provocadas por mau uso, por ações inadequadas e negligentes com relação ao meio ambiente (tais como deslizamentos induzidos, inundações).

É fato que as condições adversas, que geram tais ameaças, podem provocar situações de risco, mantendo-se em um determinado espaço por um determinado tempo. Dependendo dos fatores externos, o risco pode diminuir ou aumentar, e até atingir condições para a ocorrência de um desastre.

Mas, quando uma situação de risco se torna um desastre? Ou um desastre pode ser imprevisível?

Trajber et al. (2015) adotam o termo desastre para exprimir a interrupção severa do funcionamento de uma comunidade, com danos à integridade física, causando até mortes, além de perdas econômicas e impactos ambientais, excedendo a capacidade da comunidade afetada de lidar com a situação. “Sendo assim, o desastre é o resultado da combinação de ameaças/perigo, condições de vulnerabilidade e da insuficiente capacidade ou medidas para reduzir as consequências negativas e potenciais do risco” (TRAJBER et al., 2015, p. 2).

Para fazer a gestão de riscos e de desastres, é fundamental a identificação da ameaça, das condições de vulnerabilidade local, que vão ajudar a compreender, definir metodologias e propor alternativas para intervenção. Diversos países do mundo enfrentam situações de riscos e desastres, frutos de ameaças naturais (*tsunami* da Indonésia, em 2004; terremoto de Kobe, no Japão, em 1995, e no Haiti, em 2010) e de ameaças tecnológicas (Chernobyl, em 1986), observando-se sempre que, nos países onde a população é altamente vulnerável, os impactos são muito maiores.

O Brasil adota a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade), publicada na Instrução Normativa nº 1, de 24 de agosto de 2012 (BRASIL, 2012c), dividindo-os em duas categorias: Natural e Tecnológico e suas respectivas subdivisões, conforme mostra o **Quadro 5.4**.

Excetuando a categoria Tecnológico, todos são considerados riscos ambientais. A **Figura 5.2** apresenta a classificação de riscos ambientais proposta por Cerri (1993), com detalhamento para os riscos de natureza geológica.

Quadro 5.4 – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade).

CATEGORIA	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO
NATURAL	GEOLÓGICO	Terremoto	Tremor de terra
			Tsunami
		Emanação vulcânica	
		Movimento de massa	Quedas, tombamentos e rolamentos: blocos, lascas, matacões e lajes
			Deslizamentos: de solo ou rocha
			Corridas de massa: solo / lama ou rocha / detrito
			Subsidências e colapsos
		Erosão	Erosão costeira / marinha
			Erosão de margem fluvial
			Erosão continental: laminar, ravinas e boçorocas
	HIDROLÓGICO	Inundações	
		Enxurradas	
		Alagamentos	
	METEOROLÓGICO	Sistemas de grande escala / escala regional	Ciclones: ventos costeiros (mobilidade de dunas) e marés de tempestade (ressacas)
			Frentes frias / Zona de convergência
		Tempestades	Tempestade local / convectiva: tornados, tempestade de raios, granizo, chuvas intensas e vendaval
		Temperaturas extremas	Onda de calor
	Onda de frio: friagem e geadas		
	CLIMATOLÓGICO	Seca	Estiagem
			Seca
			Incêndio florestal: incêndios em Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente nacionais, estaduais ou municipais e incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar
			Baixa umidade do Ar
	BIOLÓGICO	Epidemias	Doenças infecciosas virais
			Doenças infecciosas bacterianas
			Doenças infecciosas parasíticas
			Doenças infecciosas fúngicas
		Infestações / Pragas	Infestações de animais
Infestações de algas: marés vermelhas e cianobactérias em reservatórios			
Outras infestações			

CATEGORIA	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO
TECNOLÓGICO	Desastres relacionados a substâncias radioativas	Desastres siderais com riscos radioativos	Queda de satélite (radionuclídeos)
		Desastres com substâncias e equipamentos radioativos de uso em pesquisas, indústrias e usinas nucleares	Fontes radioativas em processos de produção
		Desastres relacionados com riscos de intensa poluição ambiental provocada por resíduos radioativos	Outras fontes de liberação de radionuclídeos para o meio ambiente
	Desastres relacionados a produtos perigosos	Desastres em plantas e distritos industriais, parques e armazenamentos com extravasamento de produtos perigosos	Liberação de produtos químicos para a atmosfera causada por explosão ou incêndio
		Desastres relacionados à contaminação da água	Liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável
			Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e em aquíferos
		Desastres relacionados a conflitos bélicos	Liberação de produtos químicos e contaminação como consequência de ações militares.
		Desastres relacionados a transporte de produtos perigosos	Transporte rodoviário
			Transporte ferroviário
			Transporte aéreo
	Transporte dutoviário		
	Transporte marítimo		
	Desastres relacionados a incêndios urbanos	Incêndios urbanos	Incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos
			Incêndios em aglomerados residenciais
	Desastres relacionados a obras civis	Colapso de edificações	
		Rompimento/colapso de barragens	
	Desastres relacionados a transporte de passageiros e cargas não perigosas	Transporte rodoviário	
		Transporte ferroviário	
		Transporte aéreo	
		Transporte marítimo	
Transporte aquaviário			

Fonte: Brasil (2012b)

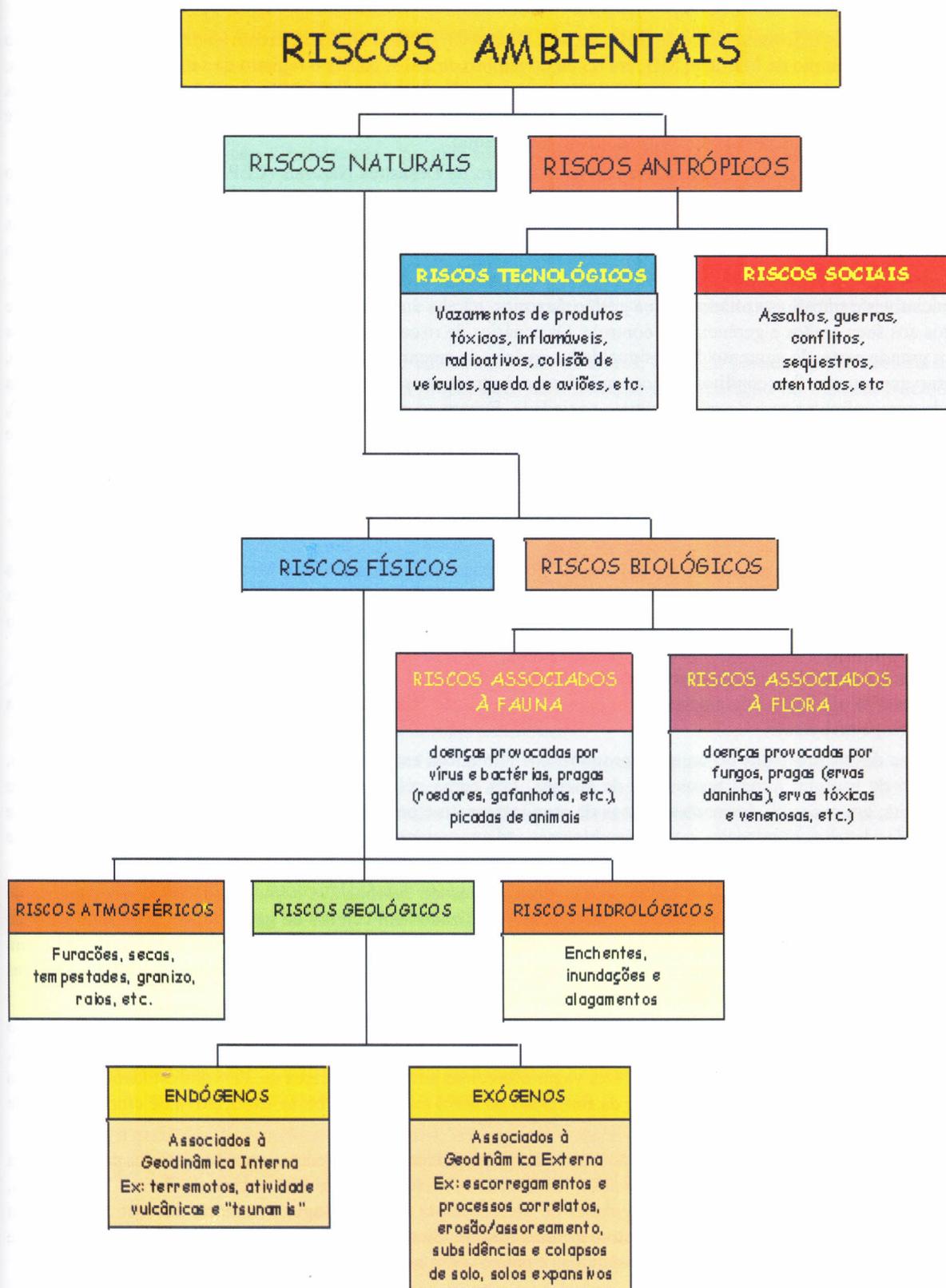


Figura 5.2 – Classificação de riscos ambientais com detalhamento para os riscos de natureza geológica.

Fonte: Cerri (1993)

Os dados dos registros de desastres no Brasil estão no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), que integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no país, por meio da informatização de processos e da disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão (BRASIL, 2019).

No relatório gerencial de danos do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), referente ao desastre do rompimento de barragem que ocorreu no município de Mariana, MG, em 05 de novembro de 2015, consta o registro de sete mortes, 225 feridos, 504 desabrigados e 308 desalojados, 18 desaparecidos, 2.807 outros afetados, totalizando 3.876 afetados. Essas são as únicas informações disponíveis, consideradas muito aquém de um banco de dados mais completo, com informações claras e precisas sobre um dos maiores desastres ambientais até então ocorridos no Brasil e no mundo.

No ano de 2013, foi apresentada a edição atualizada do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED, 2013), com o registro referente ao período de 1991 a 2012, para todos os estados brasileiros e que, atualmente, está desatualizado. Podem-se destacar os desastres de Santa Catarina provocados pelo furacão que atingiu a costa brasileira, em 2004; as inundações, os deslizamentos e as corridas de massa, em 2008, que vitimaram 126 pessoas; as inundações em Alagoas, em 2010; o desastre da Serra Fluminense, em 2011, gerando graves prejuízos sociais, ambientais e econômicos.

Apesar de várias iniciativas e trabalhos voltados para a gestão de riscos, não há um banco de dados com informações integradas e os dados ficam restritos aos seus órgãos e gerências de controle. Os cenários de riscos de desastres registrados nos últimos dez anos no Brasil resultam, em grande parte, do aumento das desigualdades sociais, da precariedade dos serviços de saneamento e habitação, da exploração das reservas naturais, dos conflitos socioeconômicos e da transgressão das leis vigentes. Diante disso, tem-se uma ampla responsabilidade para enfrentar esse desafio enquanto sociedade. Espera-se que com a regulamentação da Lei nº 12.608/12, o cadastro dos municípios críticos seja atualizado, e que os instrumentos previstos sejam efetivamente elaborados, aplicados e integrados às políticas de planejamento territorial.

5.5.1 Política Nacional de Meteorologia e Climatologia

A Meteorologia e a Climatologia são atividades desenvolvidas por profissionais formados em Meteorologia e habilitados pelo sistema profissional CONFEA/CREAs. Trata-se de um importante campo das Ciências Exatas, com aplicações em todas as atividades humanas, das mais específicas e locais até as mais abrangentes, envolvendo o planejamento estratégico de médio e longo prazo, em escala regional e global, respectivamente.

A antecipação de eventos meteorológicos abrange desde a previsão do tempo de curtíssimo (*nowcasting*), curto e médio prazo, com poucas horas, poucos dias a semanas de antecedência, até os prognósticos climáticos de médio e longo prazo, com meses a décadas de antecedência, respectivamente.

As principais aplicações destas previsões do tempo e prognósticos climáticos estão em recursos hídricos, agricultura, geração, transmissão e distribuição de energia, fontes renováveis de energia, tais como eólica e solar, transportes, indústria, comércio e proteção à vida. Esta última, em especial, demanda sistemas de monitoramento e previsão do tempo de curtíssimo e curto prazo e requer tecnologias avançadas de telecomunicação, satélites ambientais, radares meteorológicos, estações meteorológicas de superfície e altitude, sistemas de altíssima capacidade de armazenamento e processamento de dados.

Estes sistemas demandam manutenção, reposição de partes, atualizações de *hardware* e *software*, sistemas de controle de qualidade de informações e sistemas de armazenamento, normalmente localizados em centros de gerenciamento de sistemas e de dados. Todos demandam técnicos, tecnólogos, engenheiros, meteorologistas, entre outros profissionais treinados e habilitados para garantir a qualidade e a continuidade de informações e dados hidrometeorológicos de resolução espaço-temporal variáveis adequadas ao monitoramento, previsão do tempo e clima, e prognósticos climáticos locais, regionais e globais.

Atualmente, há duas escolas de nível médio profissionalizantes, nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro e Santa Catarina, e 12 de nível superior, que oferecem cursos de Bacharelado em Meteorologia, sendo três na região Sul, quatro no Sudeste, três no Nordeste e duas na região Norte. Das vagas oferecidas anualmente, cerca de 30% dos estudantes concluem os cursos. A alta evasão escolar é atribuída à precariedade da formação no nível médio até a baixa expectativa de empregabilidade no setor público e privado.

Os serviços de Meteorologia e Climatologia brasileiros são realizados por diferentes órgãos federais, nos Ministérios da Agricultura e Abastecimento, Ministério de Ciência e Tecnologia e Inovação, Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Defesa. Além destes, há os centros estaduais e municipais que desenvolvem atividades de Meteorologia e Climatologia. A maioria das instituições opera e mantém sistemas de medição, transmissão, processamento e armazenamento de dados de forma independente, desintegrada e de qualidade heterogênea. Há um alto grau de duplicidade de sistemas e poucos com qualidade limitada.

A Sociedade Brasileira de Meteorologia (SBMET), em Assembleia Geral extraordinária, realizada durante o XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, em Foz do Iguaçu, no dia 08 de agosto de 2002, constituiu um Grupo de Trabalho (GT), para realizar um estudo sobre a reestruturação e a reorganização da Meteorologia Brasileira. O referido GT, no uso de suas atribuições, concluiu pela necessidade da elaboração de uma Política Nacional de Meteorologia (PNM), para otimizar as atividades de Meteorologia e Climatologia no Brasil. O texto a seguir foi elaborado pelo GT/SBMET.

Este tema foi discutido pelos profissionais no âmbito da SBMET, em entidades de ensino, órgãos públicos federais e estaduais e com os usuários, em artigos no Boletim da SBMET e por meio de um Fórum de Discussão Virtual. As referidas sugestões foram analisadas e compatibilizadas em reunião conjunta entre a Diretoria Executiva, Conselho Deliberativo e o próprio GT da SBMET. Os resultados das discussões serviram de base para a proposta de implantação e organização de um Sistema e a criação de uma Agência Nacional de Meteorologia e Climatologia, fundamentados na referida Política Nacional de Meteorologia e Climatologia (SBMET, 2002).

Houve um consenso entre a SBMET, os profissionais de instituições públicas e privadas sobre os seguintes pontos (SBMET, 2002):

- As atividades de meteorologia são realizadas por vários órgãos federais, estaduais, municipais e entidades privadas que, em sua maioria, atuam de forma não sistematizada e prestam serviços algumas vezes complementares e, em alguns casos, de forma redundante;
- O sistema atua sem uma coordenação nacional e sem uma entidade central, visto que os arranjos institucionais vigentes não conferem mecanismos que permitam gerenciamento de suas atividades, e
- Este sistema informal resulta em enormes dificuldades para a integração de procedimentos técnicos e desenvolvimento de políticas com superposição de atividades e duplicação de investimentos, fatos que prejudicam a ampliação e a modernização do sistema de Meteorologia do Brasil.

Neste contexto, a reestruturação do setor é anseio de todos os atores, além da participação descentralizada e de uma gestão integrada e harmônica. Assim, avaliaram-se as proposições de ordenação e estruturação do Sistema Nacional de Meteorologia e Climatologia, apresentadas pela SBMET, MCT e INMET, apenas em seus aspectos básicos gerais, sem detalhamentos específicos.

Para que o sistema maximize sua eficácia, é indispensável que sejam reconhecidas todas as partes que o compõem, inclusive com a participação da iniciativa privada, e havendo interligação com setores como, por exemplo, a Hidrologia, os Recursos Hídricos, o Meio Ambiente, entre outros. O sistema deve privilegiar a descentralização da operação, compartilhando-se atribuições federais, estaduais, municipais e privadas para a medição, coleta e tratamento de dados, e disseminação de informações para atender às demandas específicas dos usuários, integradas e harmonizadas pela Agência Nacional de Meteorologia e Climatologia a ser criada (SBMET, 2002).

Assim sendo, preconiza-se um sistema descentralizado com coordenação nacional e a participação das diversas instituições que atuam no setor, pactuado harmonicamente, segundo as diretrizes de uma política que vise o bem-estar da sociedade. Estabelecido o consenso entre os profissionais associados à SBMET, na maioria vinculados aos órgãos operacionais, foi definido que, inicialmente, deve ser formalizada a Política Nacional de Meteorologia e Climatologia, e implantar o Sistema Nacional de Meteorologia e Climatologia, para assegurar que os preceitos da Política sejam cumpridos por todos os integrantes do Sistema, podendo-se espelhar no modelo da área de recursos hídricos que adota estas premissas.

A proposta da Política Nacional de Meteorologia e Climatologia pretende prover informações meteorológicas, climatológicas e sobre mudanças climáticas, úteis para a preservação da vida e do meio ambiente, para a defesa nacional, para o bem-estar da sociedade e para o desenvolvimento das atividades produtivas, de forma a atender às demandas da sociedade. Assim, as atividades meteorológicas e climatológicas devem ser conduzidas de forma descentralizada, compartilhando-se atribuições federais, estaduais, municipais e privadas para a medição, coleta e tratamento de dados, e produção e disseminação de informações e a gestão das atividades operacionais deve contemplar uma coordenação nacional e harmônica, para minimizar as diferenças e as carências regionais e locais e, sobretudo, resultando na otimização dos investimentos públicos (SBMET, 2002).

Por outro lado, as diretrizes gerais da PNM devem (SBMET, 2002):

- Articular os planejamentos nacional, regional e estadual com os setores privado e de usuários;
- A União deve se articular com os Estados e com os setores privado e de usuários, tendo em vista o interesse comum, assegurando a participação federativa dos Estados de forma harmônica e eficaz, por meio de ações regionais, promovendo a interligação dos sistemas regionais e estaduais ao sistema nacional e estimulando a iniciativa privada, no sentido de melhor adequar os serviços para os usuários de todos os setores produtivos e da sociedade brasileira;
- Adequar a gestão às diversidades demográficas, econômicas e sociais de todas as regiões do país;
- Promover e incentivar a participação empresarial na modernização e ampliação da infraestrutura operacional de meteorologia do Brasil;
- Promover o intercâmbio dinâmico com as universidades, institutos de pesquisa e escolas técnicas para a atualização permanente da Meteorologia e Climatologia do Brasil, em sintonia com as ciências atmosféricas internacionais, e
- Promover a inserção da Meteorologia brasileira nos eventos, realizações e representações internacionais, em consonância com a política do Ministério das Relações Exteriores.

O Sistema Nacional de Meteorologia e Climatologia deve ser estruturado, de forma a viabilizar os fundamentos e diretrizes da Política, tendo por objetivos (SBMET, 2002):

- Coordenar a gestão integrada das atividades operacionais;

- Planejar, regular e controlar as atividades operacionais de meteorologia e climatologia, e
- Estabelecer mecanismos para a implementação da Política Nacional de Meteorologia e Climatologia.

Para assegurar uma atuação descentralizada e participativa, é necessário estabelecer um fórum que congregue todos os componentes do Sistema, sugerindo-se que a composição do Sistema Nacional de Meteorologia e Climatologia contemple membros das diversas esferas do poder público, de forma a atender as premissas citadas, tendo em vista estar orientado para cumprir os objetivos, os fundamentos e as diretrizes da Política. Assim, sua composição seria por um Conselho Nacional de Meteorologia e Climatologia, Agência Nacional de Meteorologia e Climatologia e órgãos dos poderes públicos federais e estaduais com as seguintes atribuições (SBMET, 2002):

- Estabelecer diretrizes complementares para a Política Nacional de Meteorologia e Climatologia;
- Aprovar e acompanhar a execução do Plano Nacional de Meteorologia e Climatologia, além de fiscalizar o cumprimento de suas metas;
- Promover a articulação dos planejamentos nacionais, regionais, estaduais;
- Arbitrar os conflitos sobre questões encaminhadas pelos integrantes do Sistema, e
- Analisar propostas de alteração da legislação e da Política.

A Composição do Conselho de Meteorologia e Climatologia teria representantes dos Ministérios com atuação na área; representantes das entidades estaduais com atuação na área; representante da SBMET, e representantes das universidades com cursos de graduação em Meteorologia.

Por fim, a Agência Nacional de Meteorologia e Climatologia deverá estar subordinada à Presidência da República, ou ao Ministério da Agricultura, ou ao Ministério de Ciência e Tecnologia. A Agência será o órgão central do sistema, com a finalidade de executar a Política Nacional de Meteorologia e Climatologia, obedecendo aos seus fundamentos, objetivos e diretrizes. Para tanto, deverá utilizar instrumentos de gestão ou Plano Nacional de Meteorologia e Climatologia e Sistema de Informações, articulando-se com os órgãos públicos e privados integrantes do Sistema Nacional de Meteorologia e Climatologia. Caberá à Agência atuar como executora, reguladora, fomentadora, normatizadora e integradora entre os principais órgãos nacionais operacionais.

Precedendo a PNM, deve-se aprovar a denominada PEC-12 da Meteorologia e Climatologia, conforme analisada pela Comissão de Constituição e Justiça e Cidadania do Senado Federal, que altera os Arts. 21 e 22 da Constituição Federal, para definir a competência da União no ordenamento do Sistema Nacional de Meteorologia e Climatologia. Esta PEC tramita nos Poderes Legislativo e Executivo Federais há mais de uma década.

Desde então, ocorreram centenas de eventos meteorológicos extremos, que resultaram em perda de vidas, prejuízos materiais e socioeconômicos, que poderiam ter sido mais bem mitigados com a aprovação da Emenda Constitucional e da Política Nacional de Meteorologia e Climatologia. Além disso, estas resultariam em significativo aumento de produtividade e consequente aceleração da economia brasileira, cuja demanda por água e energia, na base do desenvolvimento e em um contexto de variabilidade e mudanças climáticas, requer sistemas tecnológicos inovadores e integrados, desenvolvidos e operados por profissionais treinados e habilitados do setor tecnológico, para desenvolver atividades multidisciplinares e transdisciplinares.

5.6 APLICAÇÃO DA GEODIVERSIDADE E O PLANEJAMENTO TERRITORIAL

Na construção de uma sociedade sustentável, é fundamental o entendimento da função da Geodiversidade, para garantir a correta utilização de recursos minerais e hídricos, e a gestão territorial, adequando o uso e ocupação do solo com as características do meio físico e as expectativas sociais e econômicas.

Nesse sentido, são apresentados dois temas que demonstram a importância da Geodiversidade para o desenvolvimento sustentável das comunidades regionais e locais, destacando-se como campos de atuação profissional crescente da Geologia.

5.6.1 Geoparques e a Gestão Territorial

Um novo campo, que vem ganhando espaço no Brasil e que permite a atuação direta do geólogo na construção de uma sociedade sustentável, está na elaboração e efetivação das propostas de geoparques. A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) concede o título de Geoparque Mundial (**Figura 5.3**), às áreas geográficas unificadas, onde sítios e paisagens de relevância geológica internacional são administrados com base em um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável (UNESCO, 2019). Para alcançar esta forma de gestão, a comunidade local deve ser envolvida e os geoparques devem possuir uma estrutura formal de gestão, existindo de forma legal.



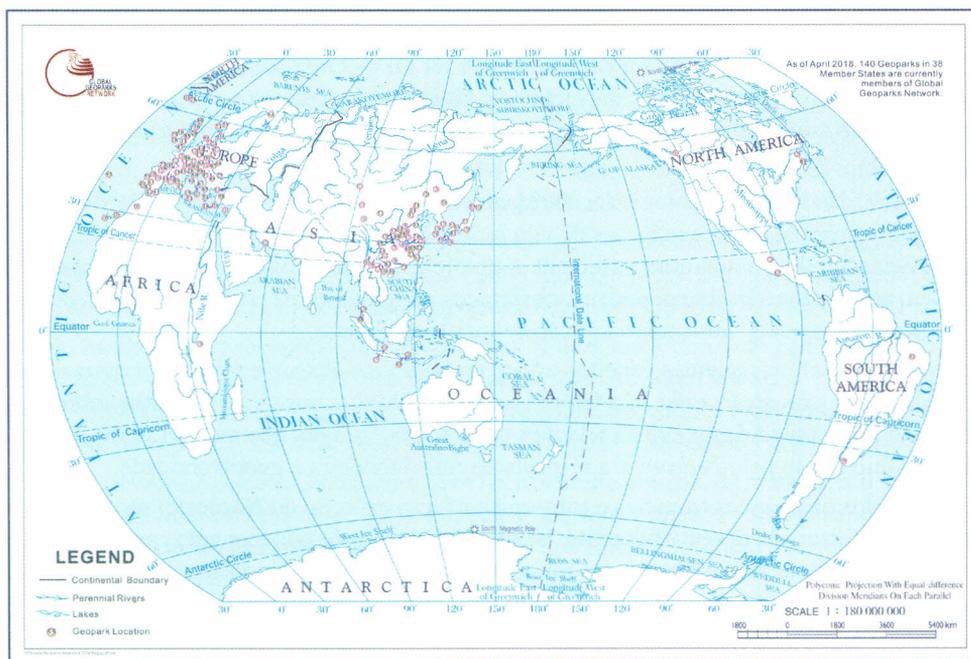
Figura 5.3 – Logomarca do Programa Mundial de Geoparques UNESCO.

Em novembro de 2015, foi criado o Programa Mundial de Geoparques UNESCO (*Unesco Global Geoparks, UGG*), sob um enfoque inovador, ou seja, a conservação dos locais relevantes está atrelada ao envolvimento dos moradores. Em abril de 2019, foram contabilizados 147 geoparques mundiais em 41 países (Figura 5.4), estando o Brasil representado pelo Geopark Araripe, no sul do estado do Ceará. Importante ressaltar o fato de que um Geoparque Unesco precisa conter população em seu interior, demonstrando a necessidade de seu envolvimento na gestão e não somente de governos. Acrescentam-se, aos valores geológicos, os valores ecológico, históricos e sociais, onde a natureza, as pessoas e as tradições locais são celebradas.

O conceito de geoparque surgiu em meados da década de 1990, como uma resposta à necessidade de conservar e melhorar áreas com importância geológica na história da Terra. As paisagens e as formações geológicas são testemunhas importantes da evolução do planeta Terra e determinantes para o futuro e seu desenvolvimento sustentável. Desde o início, o geoparque adotou uma abordagem “de baixo para cima” (*bottom-up*), ou liderada pela comunidade, para garantir que o significado geológico de uma área possa ser conservado e promovido por meio da ciência e da educação, além de ser usado como um bem econômico sustentável, com o desenvolvimento de um turismo responsável.

A estratégia de desenvolvimento sustentável, aliada a uma gestão de qualidade, passa por três componentes principais em um geoparque: conservação, educação e turismo. A conservação objetiva proteger o patrimônio geológico para as futuras gerações; a educação promove o estudo das geociências junto às escolas, universidade e centro de visitação, contemplando o público em geral; e o turismo busca estimular a criação de atividades econômicas, tendo como base a geodiversidade e o patrimônio geológico do território, em cooperação com a comunidade local.

Distribution of GGN Members



审图号: GS (2008) 1895 号

2012年5月

Figura 5.4 – Mapa com a localização dos territórios inseridos no Programa Mundial de Geoparques Unesco, em 2018.

Todo território certificado como geoparque no Programa Mundial de Geoparques UNESCO é também, diretamente, membro da Rede Mundial de Geoparques (*Global Geoparks Network, GGN*). Esta rede corresponde a uma associação, criada em 2014, com sede na França. Contudo sua atuação, junto aos Geoparques Mundiais, teve início em 2004, quando da criação dos primeiros geoparques na Europa, com destaque para *Haute-Provence* (França), *Lesvos Petrified Forest* (Grécia), *Gerolstein/Vulkaneifel* (Alemanha) e *Maestrazgo* (Espanha).

Apesar de a Rede Mundial de Geoparques trabalhar, desde 2004, sob os auspícios da Unesco, somente em novembro de 2015, durante a 38ª reunião da Conferência Geral da Unesco, foi oficializada e aprovada a criação do Programa Mundial de Geoparques. Assim, a Rede Mundial de Geoparques passou a atuar como órgão de apoio a este programa da Unesco.

A rede e a colaboração entre os geoparques mundiais são um componente importante da Rede Mundial de Geoparques, a qual promove a criação de redes com base regional. Nesse contexto, existem a Rede Europeia de Geoparques, a Rede de Geoparques da Ásia-Pacífico, e a Rede Latinoamericana e do Caribe de Geoparques.

O único geoparque no Brasil - Geopark Araripe – foi certificado, em 2006, pela Rede Mundial de Geoparques e ratificado em 2015, junto ao Programa Mundial de Geoparques da Unesco. Conta, hoje, com inúmeras ações no território, apoiadas em nove geossítios (Batateiras, Cachoeira de Missão velha, Colina do Horto, Floresta Petrificada, Parque dos Pterossauros, Pedra Cariri, Ponta de Santa Cruz, Ponte de Pedra e Riacho do Meio). Passados mais de 10 anos, o Brasil ainda não conseguiu obter a certificação de novos geoparques. Nesse período resultaram infrutíferas duas tentativas de novas certificações, respectivamente, pelos projetos Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG) e Geoparque Bodoquena-Pantanal (MS). Apesar disso, vários outros projetos, alguns mais avançados, outros menos, estão sendo trabalhados, com destaque para Seridó (RN), Caçapava (RS), Cariri Paraibano (PB), Caminhos dos Cânions do Sul (SC/RS), Costões e Lagunas (RJ), Chapada dos Guimarães (MT), Quarta Colônia (RS), Corumbataí (SP), Morro do Chapéu (BA), Serra do Sincorá (BA), São Desidério (BA), Uberaba (MG), Fernando de Noronha (PE), entre outros. Praticamente todos contam com a participação de geólogos nas diferentes ações desenvolvidas em seus territórios.

Os territórios certificados como geoparque do Programa Mundial da Unesco passam por uma reavaliação a cada quatro anos, o que os obriga a manter mecanismos estratégicos de desenvolvimento territorial sempre atualizados, garantindo, assim, a continuidade das ações junto às comunidades locais. As diretrizes operacionais e de certificação desses territórios, além de observar os objetivos de desenvolvimento sustentável do milênio, também levam em consideração propostas que busquem melhorar as condições de vida das comunidades que habitam tais territórios.

Importante que tudo isso passa pelas diferentes ações realizadas com apoio direto do profissional da Geologia. Desta forma, é necessário que o geólogo tenha conhecimento sobre os conceitos de Geodiversidade, Geopatrimônio, Geoconservação, Geoturismo e Geoparque, e coloque em prática ações sustentáveis, a favor do geopatrimônio encontrado nos territórios dos geoparques.

5.6.2 Geologia do vinho: identidade regional na viticultura do Rio Grande do Sul

A definição de *terroir* vitivinícola que tem sido mais adotada é a da OIV (Organização Internacional da Vinha e do Vinho), a qual correlaciona um saber coletivo a fatores naturais (incluindo biológicos) e aspectos humanos às características do produto originário de determinado espaço. Assim, são consideradas características específicas do solo, da topografia do clima, da paisagem e da biodiversidade (OIV, 2010).

O assunto relacionando *terroir* vitivinícola e geologia foi abordado por Falcetti (1994) e Hancock (1999), que consideraram *terroir* como uma área com sua geologia própria, clima e métodos de viticultura. Fanet (2004) observou a influência das rochas na produção e/ou qualidade de vinhos, evidenciando a viticultura associada a ambientes tectônicos no mundo. Wilson (1998) considerou que aspectos físicos de uma vinha, associados à litologia, podem ser afetados por parâmetros como fluxo de ar, declividade, propriedades térmicas e disponibilidade de água, os quais influenciariam o crescimento da videira.

Huggett (2006) observou que, em climas quentes, sujeitos à seca do verão, o solo pode ser o fator mais importante, enquanto em climas mais frios, a declividade e a exposição solar são fatores influentes. Maltmann (2008) refletiu sobre o papel da litologia na tipicidade do vinho, apontando mal-entendidos sobre as relações entre rocha e vinho. Maltmann (2018) dissertou sobre o quanto o crescimento da videira seria influenciado pelo *bedrock* e a resposta da raiz da videira à geodiversidade.

No Brasil, vinhedos implantados nas regiões tropicais e subtropicais (com exceção do Nordeste) são influenciados pela exposição solar, altitude, pluviosidade, que afetam seu desenvolvimento. Nestas regiões, o solo pode ter sido carreado para longe da rocha fonte ou o *bedrock* (horizonte C ou R) se situar muito abaixo das raízes da planta. De qualquer forma, seja o solo oriundo de constituinte alóctones ou autóctones, as rochas são fundamentais para caracterizar o *terroir* vitivinícola.

A maior produção de uva do Brasil é a do Rio Grande do Sul (RS), tendo sido responsável, em 2014, por mais de 57% da produção e 63% da superfície cultivada nacional (IBGE, 2015). A produção vem aumentando desde a década de 1990 (mais de 40%), tendo alcançado mais de 40.000 hectares de área plantada, em 2015 (MELLO; MACHADO, 2017).

A viticultura no Rio Grande do Sul está concentrada, principalmente, nas regiões vitivinícolas (RV) denominadas, pelo senso comum, como sendo a Serra Gaúcha, a Campanha e a Serra do Sudeste, mas está presente em 91% dos municípios, o que lhe

confere uma identidade cultural vitivinícola (FALCADE, 2016). Assim, existem vinhedos sobre unidades do relevo como planaltos (Serra Geral e Escudo Sul-Rio-Grandense), depressões (Depressões rios Jacuí e Ibicuí) e planícies (costeira e vales fluviais). Nestes contextos, as vinhas ocorrem sobre grande diversidade de relevo, solo e rocha (HOFF et al., 2018). A **Figura 5.5** mostra as regiões produtoras de vinhos e domínios tectônicos do Rio Grande do Sul.

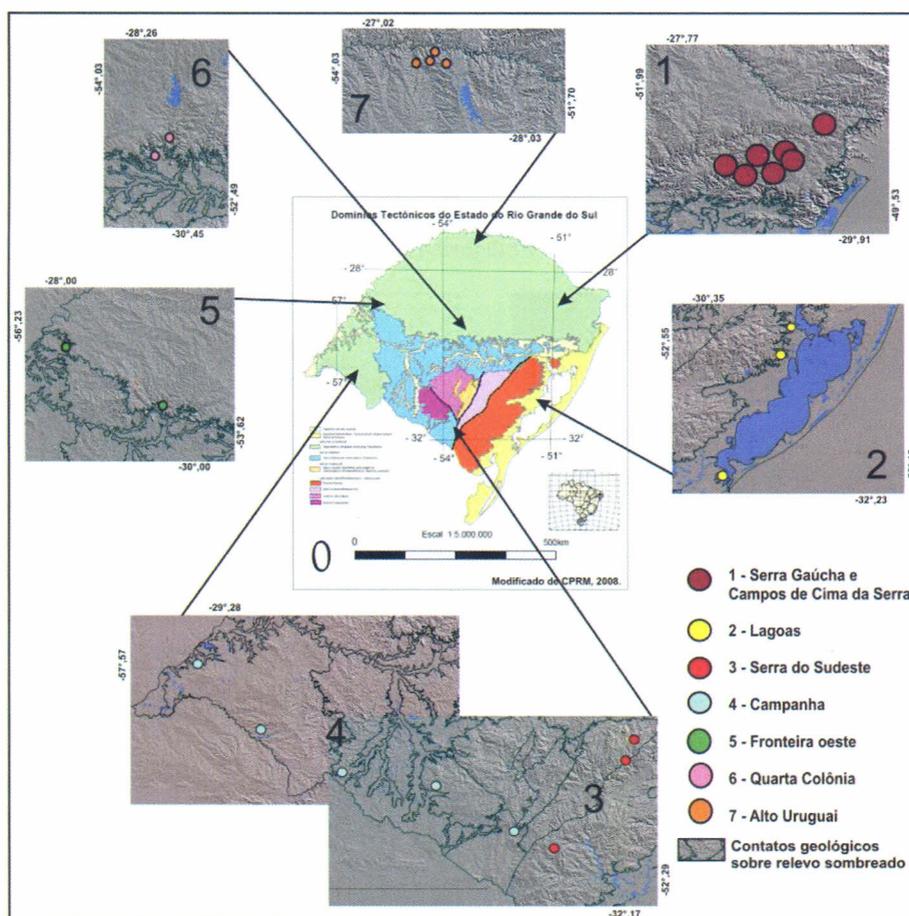


Figura 5.5 – Regiões produtoras de vinhos e domínios tectônicos do Rio Grande do Sul, Brasil.

Fonte: Hoff et al. (2011)

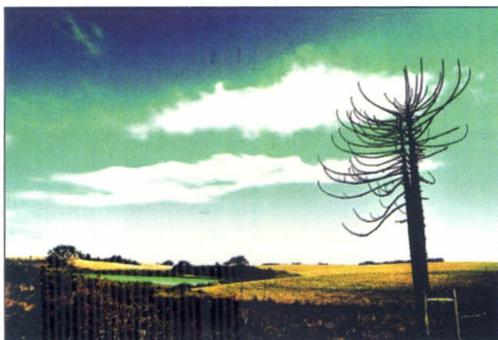
A maior parte da área vitícola do Rio Grande do Sul está na RV Serra Gaúcha, sobre rochas vulcânicas da Formação Serra Geral (WILDNER et al., 2008). Estudos sobre a associação de viticultura, geologia e geomorfologia têm sido feitos desde os anos 2000 nesta região, para caracterizar, geologicamente, e as regiões das indicações geográficas (IGs) situadas em terrenos vulcânicos da grande província ígnea continental (LIP) Serra Geral (HOFF et al., 2007; 2012; MODENA et al., 2016).

Estudos sobre a geologia de sítios vitícolas, na RV Serra do Sudeste, mostraram vinhedos situados sobre rochas do Proterozóico Médio a Superior do Escudo Sul-Rio-Grandense (HOFF et al., 2008; 2010). Na RV Campanha, estudos de geodiversidade e vinhedos mostraram sua distribuição sobre diversidade de unidades geomorfológicas e litoestratigráficas (HOFF et al., 2015; 2018).

Na RV Serra Gaúcha, as áreas de indicações geográficas para vinhos finos têm sido estabelecidas, preferencialmente, sobre as Fácies Caxias da Formação Serra Geral, que exhibe rochas vulcânicas ácidas a intermediárias. São as regiões de maiores altitudes do Rio Grande do Sul (400 – 1.000 m), onde se situam as IGs Vale dos Vinhedos e Pinto Bandeira, por exemplo. Na IG Monte Belo, os vinhedos estão parcialmente distribuídos sobre basaltos da Fácies Gramado e rochas da Fácies Caxias.

Na RV Serra do Sudeste, os vinhedos estão assentados sobre rochas muito antigas, de mais de 500 milhões de anos, onde os relevos foram dissecados e a altitude máxima está em torno de 500 metros. Ocorrem vinhedos sobre granitos da Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul e sobre rochas metamórficas do Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos e também ocorrendo vinhedos sobre metagranitóides do Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado (HOFF et al., 2008; 2010).

Na RV Campanha, os vinhedos estão implantados sobre relevos suaves ondulados, onde a altitude atinge pouco mais de 250 metros, excetuando-se locais isolados de cotas mais elevadas, na borda do Escudo Sul-Rio-Grandense. No geral, a maioria dos vinhedos da RV Campanha se situa sobre arenitos e siltitos da Formação Rio Bonito, arenitos das Formações Botucatu e Guará, e basaltos da Formação Serra Geral, conforme mostra a **Figura 5.6** (HOFF et al., 2015; 2018).



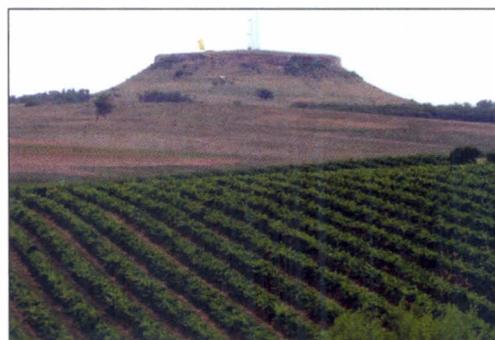
Campos de Cima da Serra



Serra Gaúcha



Campanha - Seival



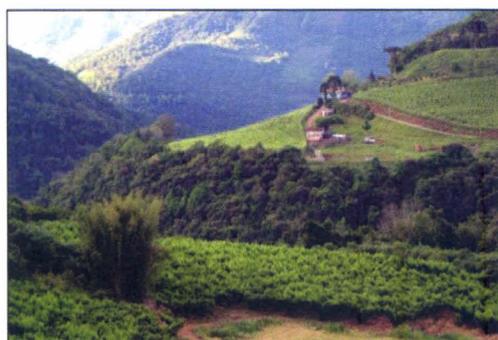
Campanha - Palomas



Lagoas - Tapes



Serra do Sudeste



Alto Uruguai



Quarta Colônia

Fonte: Miolo Wine Group, Vinhas da Lagoa, Prefeitura Municipal de Silveira Martins, fotos de acervo pessoal.

Figura 5.6 – Paisagens vitícolas e a influência do relevo no Rio Grande do Sul, Brasil.

Fonte: Hoff et al. (2011)

A extensão territorial do Rio Grande do Sul, aliada à geodiversidade, abrange sítios geológicos e geomorfológicos peculiares de cada RV. Monumentos geológicos compõem a paisagem associada à viticultura, podendo agregar valor ao enoturismo e ao produto. Existem locais com potencialidade para serem considerados sítios geológicos e geomorfológicos, associados à paisagem vitícola,

como:

- “Cuesta de Haedo”, baixo planalto que se estende desde o sudoeste do Rio Grande do Sul até o Uruguai, tendo o Cerro Palomas e outros morros testemunhos associados a vinhedos (RV Campanha);
- Vale do Rio das Antas, associado aos vinhedos de indicações geográficas (RV Serra Gaúcha);
- Minas de Camaquã, Pedra do Segredo, Rincão do Inferno etc. (RV Serra do Sudeste);
- Areais (Quaraí, Rosário do Sul e Maçambará), originados pela erosão dos arenitos das Formações Guará e Botucatu, formando uma paisagem peculiar associada aos vinhedos (RV Campanha), e
- “Janelas” da Formação Botucatu entre as rochas vulcânicas no Planalto da Campanha, configurando campos pedregosos de pastagens em Uruguaiana e Maçambará, no Bioma Pampa (RV Campanha).

A **Figura 5.7** mostra sítios geológicos que valorizam a paisagem vitícola associada aos vinhos da RV Campanha.



Figura 5.7 – Geologia associada às paisagens vitícolas na RV Campanha, Brasil: Cuesta de Haedo (a) e Cerro Palomas (b) ao fundo, mostrando vinhedos em Santana do Livramento; Areais em Quaraí (c); Blocos de arenitos eólicos silicificados (d) na paisagem do Bioma Pampa em Uruguaiana; Cerro do Jarau (e); e detalhe de arenitos no Cerro do Jarau em Quaraí (f). Fotografias: Ivanira Falcade e Rosemary Hoff.

Fonte: Hoff et al. (2018)

A diversidade do meio físico relativa às rochas, aos solos e ao relevo, esculpido em milhões até milhares de anos, a partir dos diversos materiais que caracterizam as regiões vitivinícolas do RS, constitui suporte para as paisagens vitícolas que vêm sendo estruturadas e pode contribuir para a consolidação de uma nova identidade para estas localidades, algumas das quais vêm sendo usadas em rótulos de vinhos produzidos na RV Campanha, como é o caso do Cerro Palomas, em Santana do Livramento.

REFERÊNCIAS

- ABGE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. Estatuto da ABGE. São Paulo: ABGE, 2013.
- BRASIL. Ministério de Desenvolvimento Regional. Site oficial. Brasília, 2019. Disponível em <http://www.mi.gov.br/desenvolvimento-regional>. Acesso em: 28 jul. 2019.
- BRASIL. Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017. Altera as Leis nos 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990, para dispor sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). 2017a.
- BRASIL. Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017. Cria a Agência Nacional de Mineração (ANM); extingue o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); altera as Leis nos 11.046, de 27 de dezembro de 2004, e 10.826, de 22 de dezembro de 2003; e revoga a Lei no 8.876, de 2 de maio de 1994, e dispositivos do Decreto-Lei no 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). 2017b.
- BRASIL. Lei no 13.465, de 11 de julho de 2017. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, sobre a liquidação de créditos concedidos aos assentados da reforma agrária e sobre a regularização fundiária no âmbito da Amazônia Legal; institui mecanismos para aprimorar a eficiência dos procedimentos de alienação de imóveis da União. 2017c.
- BRASIL. Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências.
- BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 10 de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. 2012a.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Instrução Normativa 001, de 24 de agosto de 2012. Estabelece Procedimentos e Critérios para a Decretação de Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para Reconhecimento Federal das Situações de Anormalidades Decretadas pelos Entes Federativos e dá outras providências. Diário Oficial da União, nº 169, seção 1, p. 30. 2012b.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010a.
- BRASIL. Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010. Dispõe sobre as transferências de recursos da União aos órgãos e entidades dos Estados, Distrito Federal e Municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco de desastres e de resposta e de recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o Fundo Nacional para Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil; e dá outras providências. 2010b.
- BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Regulamento Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
- BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.
- BRASIL. Decreto-lei nº 318, de 14 de março de 1967. Dá nova redação ao preâmbulo e a dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967.
- CEPED. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 126p.
- FALCADE, I. The geography of vine and wine industry in Brazil: territory, culture and heritage. In: WORLD CONGRESS OF VINE AND WINE, 39., 2016, Bento Gonçalves. BIO Web of Conferences, v. 7, p. 03028-1, 2016.
- FALCETTI, M. Le terroir: qu'est-ce qu'un terroir? pourquoi l'étudier? pourquoi l'enseigner? Bulletin de l'OIV, v. 67, n. 2, p. 246-275, 1994.
- FANET, J. Great Wine Terroirs. Universit of California Press, Los Angeles. 2004, 239 p.
- HANCOCK, J. M. Feature Review. In: WILSON, J. E. Terroir: the role of geology, climate and culture in the making of french wines. Journal of Wine Research, v. 10, n. 1, p. 43-49, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/09571269908718157>.
- HOFF, R.; DUCATI, J. R.; BERGMANN, M. Geologic and geomorphologic features applied for identification of wine terroir units by digital image processing, spectroradiometric and GIS techniques in Encruzilhada do Sul, RS, Brazil. In: INTERNACIONAL TERROIR CONGRESS, 8., 2010, Soave (Verona). Proceedings [...] Verona: Entecra, 2010. v. 1. p. 44-49. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274057720_Geologic_and_geomorphologic_features_applied_for_identification_of_wine_terroir_units_by_digital_image_processing_spectroradiometric_and_GIS_techniques_in_Encruzilhada_do_Sul_RS_Brazil.
- HOFF, R.; FALCADE, I.; TONIETTO, J. The geology in the context of geographical indications of fine wines in Serra Gaúcha region (Brazil). In: CONGRÈS INTERNATIONAL DES TERROIRS VITIVINICOLES, 9., 2012, Dijon e Reims. Actes [...]: Université de Bourgogne, Dijon, 2012, p. 1041-1047.
- HOFF, R.; FALCADE, I.; BERGMANN, M.; ALBERTI, R.; MODENA, R. C. C.; DALCIN, M. Geologia, geomorfologia e paisagem vitícola: uma abordagem da identidade regional da viticultura na região vitivinícola Campanha, Brasil / Geology, geomorphology and wine-growing landscape: an approach to regional identity for viticulture at Campanha wine region, Brazil. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 19, n. 4, 2018. Disponível em: <http://www.lsiie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/1388>.
- HOFF, R.; BERGMANN, M. Geologia do vinho: caracterização de identidade regional para viticultura no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA, 13., 2011, Santiago. Anais [...]. Santiago: Asociación de Ingenieros Enólogos de Chile, 2011. v. 1, p. 1-5.
- HOFF, R.; DUCATI, J. R.; COUTINHO, A. L. S.; TONIETTO, J. Uso de imagens orbitais no estudo das características espectrais das rochas para o estabelecimento de critérios para uma indicação de procedência vitícola na região de Pinto Bandeira, Bento Gonçalves, RS, Brasil. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: INPE, 2007. p. 233-240. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbrs@80/2006/11.15.21.52.31/doc/233-240.pdf>.
- HUGGETT, J. M. Geology and wine: a review. Proceedings of the Geologists Association, Elsevier, v. 117, n. 2, p. 239-247, 2006. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0016-7878\(06\)80012-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0016-7878(06)80012-X).
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro, v. 33, 2003. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/>.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SIDRA: Produção das lavouras permanentes. 2015. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1613&z=t&o=11>.
- LAVELL, A. An approach to concept and definition in risk management terminology and practice (final draft). Genebra: ERD-UNDP, 2000b. 27 p. Disponível em: <http://www.desenredando.org/public/articulos/index.html>. Acesso em: 05 maio 2016.
- MALTMANN, A. The role of vineyard geology in wine typicity. Journal Of Wine Research, v. 19, n. 1, p. 1-17, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/09571260802163998>.
- MALTMANN, A. Vineyards, Rocks, & Soils: The Wine Lover's Guide to Geology. Oxford University Press. 2018, 256 p. E-book: <https://www.amazon.com/Vineyards-Rocks-Soils-Lovers-Geology-ebook/dp/B079SBG57Z>.
- MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. (Ed.). Cadastro vitícola do Rio Grande do Sul – 2013 a 2015. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 2017. 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.cnpv.embrapa.br/cadastro-viticola/rs-2013-2015/dados/obraCompleta.html>.
- MODENA, R. C. C.; HOFF, R.; FARIAS, A. R.; VIEL, J. A.; COELHO, O. G. W. Gamma-ray spectrometry for distinguishing acid and basic rocks of the Serra Geral formation, in the Serra Gaúcha wine region, Brazil. Brazilian Journal of Geophysics / Revista Brasileira de Geofísica, v. 34, n. 4, 2016. Disponível em: <https://sbfgf.org.br/revista/index.php/rbgf/article/view/889>.
- OIV. Definición de "terroir" vitivinícola. Resolución OIV/VITI 333/2010. OIV, Paris. 2010. Disponível em: <http://www.oiv.int/es/normas-y-documentos-tecnicos/resoluciones-de-la-oiv/resoluciones-viticultura>.
- ONU - BR. Site. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 28 fev. 2019.
- OPAS. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud. Washington, D.C.: OPS. 2004, 153 p.
- RUIZ M. D. A evolução da geologia de engenharia no Brasil e suas perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5., 1987, São Paulo. Anais [...] São Paulo: ABGE, 1987, v. 3. p. 29-46.
- SANTOS, A.R. Geologia de Engenharia: Conceitos, Método e Prática. Livro. 3ª edição, Editora O Nome da Rosa. 2017. 261p.
- SBMET. SOCIEDADE BRASILEIRA DE METEOROLOGIA. Proposta da Política Nacional de Meteorologia e Climatologia. Foz do Iguaçu: Grupo Técnico/SBMET, 2002.
- SRTM/Shuttle Radar Topography Mission. 2003. Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>.
- TRAJBER, R.; OLIVATO, D.; MARCHEZINI, V. Conceitos e termos para a gestão de riscos de desastres na educação. Projeto Cemaden Educação. Cemaden/MCTI. 2015. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B5mbJ4doKgY6Z0VImzlvR2FYMVU/view>. Acesso em: 28 jul. 2019.
- UNESCO. Site oficial. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/natural-sciences/environment/biodiversity/geoparks/>. Acesso em: 28 fev. 2019.
- UN/ISDR. UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. Living with risk: a global review os disaster reduction initiatives. New York; Geneve: United Nations. 2004, 430 p.
- VARGAS, M. Origem e desenvolvimento da Geotecnologia no Brasil. Quipo, São Paulo, v. 2, n. 2, 1985. p. 263-279.
- VEYRET, Y.; MESCHINET DE RICHEMOND, N. Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007, 320 p.
- WILDNER, W.; RAMGRAB, G. E.; LOPES, R. C.; IGLESIAS, C. M. F. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000. Porto Alegre: CPRM, 2008. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/10301>.
- WILSON, J. E. Terroir: The role of geology, climate, and culture in the making of french wines. University of California Press, Berkeley, 1998. 336 p.