



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS
E HUMANAS - DCTEH
CAMPUS ANGICOS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

JORDANA BARBOSA SOARES DE LIRA

IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS GEOLÓGICOS PARA A PREVENÇÃO DE
PROBLEMAS NA ENGENHARIA CIVIL

ANGICOS/RN
2013

JORDANA BARBOSA SOARES DE LIRA

**IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS GEOLÓGICOS PARA A PREVENÇÃO DE
PROBLEMAS NA ENGENHARIA CIVIL**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Angicos para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof. Ma. Sâmea Valensca Alves Barros – UFERSA.

Catálogo na Fonte

Biblioteca Universitária Campus Angicos (BCA-UFERSA)

L768i	Lira, Jordana Barbosa Soares de. Importância de estudos geológicos para a prevenção de problemas na engenharia civil / Jordana Barbosa Soares de Lira. – Angicos, RN : UFERSA, 2013. 38 f. : il. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Campus Angicos. Orientadora: Prof. ^a M.Sc. Sâmea Valensca Alves Barros. 1. Estudos geológicos. 2. Viabilidade técnica. 3. Viabilidade econômica. I. Título. RN/UFERSA/BCA	CDD 550
-------	--	---------

Ficha Catalográfica elaborada pelo Bibliotecário-Documentalista
Sale Mário Gaudêncio – CRB15/476

JORDANA BARBOSA SOARES DE LIRA

**IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS GEOLÓGICOS PARA A PREVENÇÃO DE
PROBLEMAS NA ENGENHARIA CIVIL**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Angicos para a obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

APROVADA EM: 12/04/2013

BANCA EXAMINADORA

Sâmea Valensca Alves Barros

Prof^ª. Ma. Sâmea Valensca Alves Barros - UFERSA
Presidente

Leonardo M. X. Silva

Prof. Me. Leonardo Magalhães Xavier Silva - UFERSA
Primeiro Membro

Marcilene V. de Nóbrega

Prof^ª. Dra. Marcilene Vieira da Nóbrega - UFERSA
Segundo Membro

A Deus por me conceder a conclusão de mais uma etapa na minha caminhada acadêmica, a minha família pelo apoio concedido, aos meus amigos, a todos que sempre me apoiaram e torceram por mim a cada dia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem sua presença na minha vida não conseguiria obter as vitórias que ele me proporciona a cada manhã, pois me cobre de bênçãos, dando-me saúde, paz e força.

Aos meus Pais, Ricardo Augusto Medeiros de Góis e Daniela Barbosa Soares de Góis, pelo amor, pela amizade, pela compreensão, pela dedicação e esforços para que eu pudesse cursar o Bacharelado em Ciência e Tecnologia da UFRSA. Enfim, por estarem ao meu lado em todos os momentos, por serem exemplos de honestidade e dignidade para todos que os rodeiam.

Aos meus irmãos, Tayna Barbosa Soares de Góis e Guilherme Barbosa Soares de Góis pelo amor e pela torcida.

Ao meu Avô, Luiz Gonzaga Soares, por sempre ter muita atenção, carinho, amizade e amor, considerando-me como filha;

A minha Avó, Maria Madalena Barbosa Soares pelas suas orações, amor e pelo seu carinho, preocupação, considerando-me como filha;

A minha tia, Gabriela, por sua amizade, respeito e amor;

A minha amiga Deborah Agnes pela sua atenção, amor e amizade.

Ao meu namorado, Wilton da Silva Moreira, por todo esse tempo que estamos juntos e por toda sua atenção, carinho, respeito e amor nas horas boas e nas difíceis também;

Aos meus sogros, Marileide Moreira e Nilton Moreira por toda atenção, e amizade.

Aos meus colegas da UFRSA-Angicos que me ajudaram em inúmeras situações acadêmicas e pessoais. Em especial: Marcela Alencar, Fayruze Paiva, Sâmia Diógenes, Katia, Mayara, Andrezza, Bruna, Mariana, Izabelly, Danielly, Suelly, Célia, Silas, Izaac, Rute, Dandara, entre outros que me ajudaram bastante, apoiando, compreendendo.

Aos meus colegas da UFRSA- Mossoró que me ajudaram a me adaptar em uma nova realidade, fazendo com que tudo acontecesse de forma mais leve e alegre possível. Em especial : Jackson, Lorena, Ana Luiza, Rubênia, Allyson, entre outros que se propuseram a me ajudar também de alguma forma.

A minha orientadora Prof^ª Ma. Sâmea Valensca Alves Barros, pela sua orientação, paciência, boa vontade em ajudar para que este trabalho acadêmico fosse concretizado.

A Professora Dr^ª. Marcilene Nóbrega, por ter aceito o convite para participar da banca examinadora;

Ao Professor Me. Leonardo Xavier, por ter aceito o convite para participar da banca examinadora;

Á UFERSA - Universidade Federal Rural do Semi-Árido por todos os momentos oferecidos e por ter me ajudado de alguma forma a crescer profissionalmente e pessoalmente;

RESUMO

Dentro da Geologia há um ramo voltado para solucionar e prevenir os problemas que surgem na execução das obras de Engenharia, comprometendo a estabilidade das mesmas, e é denominado de Geologia Aplicada à Engenharia. A segurança e a economia são fatores alcançados nas obras da Engenharia Civil quando estas são dimensionadas e executadas levando em consideração os fatores geológicos da área em que estão sendo construídas. Diversos impactos podem ser gerados pela negligência quando não se faz uso dos conhecimentos geológicos, como deslizamentos de terra e erosões internas que são desencadeados nestas obras comprometendo a estabilidade das mesmas durante sua vida útil. Neste contexto, este trabalho propõe-se a realizar um levantamento bibliográfico que permita identificar a importância da Geologia Aplicada à Engenharia na elaboração e na execução dos projetos das obras de Engenharia Civil para evitar a ocorrência de acidentes futuros por não considerar a influência dos condicionantes geológicos da região onde as obras são construídas. Os resultados obtidos permitiram verificar a importância da Geologia Aplicada à Engenharia para garantir a estabilidade, a viabilidade técnica e econômica das obras de Engenharia Civil, aumentando assim a segurança das mesmas.

Palavras-Chave: estudos geológicos. viabilidade técnica. viabilidade econômica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Traçado geométrico da região ocorreu acompanhando o relevo da região.....	19
Figura 2: Equipamentos da Sondagem de Simples Penetração (SPT)	25
Figura 3: Execução da Sondagem Rotativa (SR)	26
Figura 4: Fenômeno do Entubamento	29
Figura 5: Preenchimento Superficial de Falha - Barragem de Camará/PB.	31
Figura 6: Erosão em estradas.....	32
Figura 1: Proteção Superficial do talude de corte.....	32
Figura 8: Duplicação da Rodovia dos Imigrantes.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Impactos causados as obras de Engenharia Civil conforme sua tipologia 27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABGE	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEAG	International Association for Engineering Geology and the Environment
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
SPT	Sondagens de Simples Penetração
SR	Sondagem Rotativa
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. HISTÓRICO DA GEOLOGIA APLICADA Á ENGENHARIA	15
2.2. GEOLOGIA APLICADA Á ENGENHARIA	16
2.3. CONDICIONANTES GEOLÓGICOS DAS OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL.....	17
2.3.1 Relevos.....	18
2.3.2 Natureza dos Solos.....	19
2.3.3 Materiais de Construção	21
2.4. FENÔMENOS GEOLÓGICOS POSSÍVEIS DE OCORRER NAS OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL	22
2.5 - MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA UTILIZADOS NAS OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL	23
2.5.1 Sondagens de Simple Penetração (SPT)	24
2.5.2 Sondagens Rotativas (SR)	26
3. METODOLOGIA.....	27
4. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	28
4.1. IMPACTOS CAUSADOS NAS OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL.....	28
4.1.1 Barragens de Terra	29
4.1.2 Barragens de Concreto.....	31
4.1.3 Estradas	32
4.2-IMPORTÂNCIA DA GEOLOGIA APLICADA À ENGENHARIA PARA O DESENVOLVIMENTO DAS OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL	33
4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

A atual conjuntura econômica do país marcada pelo desenvolvimento do Programa de Aceleração do Crescimento, também denominado de PAC, implantado no ano de 2007 e que já se encontra na sua segunda versão promove uma ascensão da Construção Civil no Brasil à medida que a aplicação do mesmo vem ocasionando a execução de grandes obras de infraestrutura no país. Dentre estas obras, de acordo com o Ministério da Integração (2013), destacam-se as do Projeto de Integração do Rio São Francisco que compreendem a construção de canais, de barragens, etc.

Barros (2011) afirma que o desenvolvimento dessas obras exige um conhecimento geológico da área aonde irão ser construídas para que obtenha êxito, minimizando os custos e maximizando o fator segurança, uma vez que os condicionantes geológicos estão intimamente relacionados à estabilidade das mesmas.

Maciel Filho (2008) afirma que a Geologia Aplicada à Engenharia é de grande relevância para Engenharia Civil por se aplicar na área de diversas maneiras, principalmente fornecendo os condicionantes geológicos necessários ao desenvolvimento dos projetos de Engenharia Civil para que estes possam ser realizados com segurança, economia e viabilidade técnica.

As obras de Engenharia Civil de grande porte como construções de estradas, de barragens e obras subterrâneas exigem a realização de estudos geológicos das regiões onde serão desenvolvidas uma vez que a estabilidade das mesmas durante toda a vida útil das obras encontra-se relacionada aos condicionantes geológicos da área de construção que deverão ser considerados nos projetos executivos destas obras, à medida que os condicionantes geológicos da região irão fornecer parâmetros importantes para o dimensionamento destas obras (MACIEL FILHO, 2007).

Neste sentido, torna-se necessário desenvolver uma pesquisa que proporcione destacar a importância da Geologia Aplicada à Engenharia na elaboração e na execução dos projetos

das obras de Engenharia Civil para evitar a ocorrência de acidentes futuros por não considerar a influência dos condicionantes geológicos da região onde as obras são construídas.

Este trabalho tem como objetivo identificar a aplicabilidade da Geologia Aplicada à Engenharia na Engenharia Civil, no que diz respeito ao uso dos conhecimentos geológicos na execução de suas obras. Tendo como objetivos:

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre Geologia Aplicada à Engenharia;
- Destacar a importância da Geologia Aplicada à Engenharia para o desenvolvimento das obras da Engenharia Civil;
- Verificar quais são os condicionantes geológicos das obras de grande porte da Engenharia Civil;
- Evidenciar as aplicações da Geologia Aplicada à Engenharia no desenvolvimento e execução dos projetos das obras de Engenharia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. HISTÓRICO DA GEOLOGIA APLICADA Á ENGENHARIA

A Geologia Aplicada à Engenharia é o ramo da Geologia voltado para suprir as necessidades da Engenharia que surgiu no início da segunda metade do século XIX, e teve seu histórico dividido em três fases (LANGER, 1990).

A primeira fase foi marcada pela introdução do termo Geologia de Engenharia na Áustria, no ano de 1874, quando grandes obras desenvolvidas nos anos 20 e 30 deste século levaram em consideração as informações contidas nas cartas geológicas das áreas onde estavam sendo construídas, para que essas obras fossem executadas da melhor forma.

A segunda fase teve início depois da segunda guerra mundial quando ficou evidenciada a necessidade da junção dos conhecimentos geológicos da área onde as obras Civis iriam ser construídas com os conhecimentos técnicos da Engenharia Civil, devido os acidentes que ocorreram nestas obras no mundo inteiro em razão dos projetos executivos destas obras não terem levado em consideração os condicionantes geológicos da região.

Já a terceira fase, segundo Langer (1990), iniciou-se nos anos 80 quando a Associação Internacional de Geologia de Engenharia destaca a importância da Geologia Aplicada à Engenharia passar a considerar nas suas teorias a preservação do meio ambiente no que diz respeito a promover a utilização dos recursos geológicos naturais com responsabilidade, e não somente considerando a viabilidade técnica e a financeira. Pois em obras de grande porte, muitos impactos podem ser gerados ao meio ambiente por utilizarem muitos dos recursos naturais e por alterá-los, como ocorre na execução de obras de estradas que modificam a inclinação dos taludes naturais com cortes para que a estrada seja materializada no local.

O marco inicial da Geologia Aplicada à Engenharia no Brasil ocorreu com a criação do Centro de Pesquisas Geológicas da Inspetoria de Obras contra secas, isto por que, a região Nordeste sofria com secas severas e com isso surgiu a necessidade de se procurar locais apropriados para a construção de barragens. Ressaltando, ainda, que a construção da Barragem de Ilha Solteira no ano de 1978, localizada entre os municípios de Ilha Solteira (SP)

e Selvíria (MS), passou a ter importância no processo de desenvolvimento da Geologia Aplicada à Engenharia porque foi uma obra que teve grandes problemas geológicos os quais obrigaram a ocorrência de investimentos de pesquisas na área e a contratação de profissionais especialistas na área pra trabalhar nas empresas de engenharia (MACIEL FILHO, 2008).

Com o passar do tempo, surgiu a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) que proporcionou a ocorrência de vários eventos e estudos na área que fez com que os Engenheiros Civis sentissem a necessidade de passar a considerar os conhecimentos de Geologia Aplicada à Engenharia no dimensionamento de suas obras (MACIEL FILHO, 2008).

2.2. GEOLOGIA APLICADA À ENGENHARIA

A Geologia Aplicada à Engenharia, também denominada de Geologia de Engenharia, é definida como a ciência que aplica os conhecimentos geológicos nos projetos e na execução das obras de engenharia (MACIEL FILHO, 2008).

Os conhecimentos geológicos advindos da Geologia Aplicada à Engenharia são aplicados na solução de problemas de engenharia decorrentes dos riscos geológicos que podem ocorrer na área na qual as obras da Engenharia Civil são construídas, como: construção de barragens, túneis e canais, fundações, e rodovias. Nesta ótica, a Geologia Aplicada à Engenharia é a ciência que faz uso dos conhecimentos geológicos na resolução de diversos problemas da Engenharia Civil (CHIOSSI, 1975).

Tomando como base as definições apresentadas acima, podemos entender a Geologia Aplicada à Engenharia como uma ciência que permite o Engenheiro Civil fazer uso dos conhecimentos geológicos da região onde irá realizar suas obras para solucionar problemas das mesmas que são ocasionados pela geologia local.

Logo, com o estudo da Geologia Aplicada à Engenharia os Engenheiros Civis conseguem obter as informações geológicas necessárias da área onde suas obras serão construídas para solucionar os problemas de engenharia que poderão surgir nas mesmas e assim prever e evitar a ocorrência de acidentes.

2.3 CONDICIONANTES GEOLÓGICOS DAS OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL

Os condicionantes geológicos são características específicas da região na qual as obras de Engenharia Civil são desenvolvidas e que devem ser levadas em consideração no dimensionamento destas obras, uma vez que são fatores que irão condicionar o desenvolvimento destas obras com eficiência e eficácia, promovendo assim a segurança das obras e minimizando a instabilidade das mesmas por não considerar os parâmetros necessários ao dimensionamento que são fornecidos pelos estudos geológicos do local. Citando como exemplo a construção de estradas a qual tem como condicionante geológico o relevo da área para escolha do traçado geométrico do mesma, tendo como objetivo obter um traçado viável economicamente, tecnicamente e reduzindo o impacto ambiental (BARROS, 2013).

Neste sentido, Pastore (2009) define os condicionantes geológicos como todos os fatores geológicos que podem interferir de alguma forma em um grau menor ou maior na durabilidade, na geometria e na estabilidade de obras da Engenharia Civil que quando não são considerados nos projetos destas obras podem ocasionar acidentes geológicos nas mesmas.

Os principais condicionantes geológicos de obras de Engenharia Civil são: o relevo, os tipos de solos da região e os materiais de construção da região onde as obras serão desenvolvidas que podem desencadear os fenômenos geológicos e conseqüentemente gerar a instabilidade destas obras, ocasionando acidentes (MACIEL FILHO, 2008).

Neste contexto, percebe-se que os condicionantes geológicos nada mais são do que as condições geológicas impostas pela região onde as obras serão construídas e que são fornecidas pelos estudos geológicos e geotécnicos. E os mesmos devem ser levados em consideração no dimensionamento e na execução das obras de Engenharia Civil de grande porte, evitando acidentes que comprometam a estabilidade destas obras.

Tendo como base as definições mencionadas acima, percebe-se que os condicionantes geológicos nada mais são do que as condições geológicas impostas pela região onde as obras serão construídas e que são fornecidas pelos estudos geológicos e geotécnicos. E os mesmos devem ser levados em consideração no dimensionamento e na execução das obras de

Engenharia Civil de grande porte, evitando acidentes que comprometam a estabilidade destas obras.

2.3.1 Relevo

O relevo é um conjunto das formas que constituem a crosta terrestre que podem sofrer modificações por diversos fatores como: movimentos tectônicos, erosões, a ação antrópica do homem, entre outros fatores (IBGE, 2012).

As formas de relevo são agrupadas em duas formas: as de agradação e as de degradação. As de agradação são as que estão sendo formadas ou já foram através da deposição de sedimentos, e as de degradação são as que estão sofrendo modificações provocadas pelas erosões a todo o momento (MACIEL FILHO, 2008).

O relevo é um condicionante geológico que deve ser considerado nas obras de Engenharia Civil na elaboração de seus projetos para proporcionar uma maior segurança porque influencia no dimensionamento destas obras (MACIEL FILHO, 2008).

As principais obras civis que apresentam o relevo como condicionante geológico são as estradas e as barragens. Em obras de estradas o mesmo é considerado um condicionante geológico por condicionar o traçado geométrico da estrada que deve ser desenvolvido em função do relevo das regiões por onde a estrada passará, além do que influencia o projeto de terraplanagem que antecede a materialização da estrada, pois é necessário determinar os cortes e aterros para executar o traçado geométrico da estrada, de forma a evitar a ocorrência dos acidentes geológicos (movimentos de massa nos taludes de corte), de maximizar a segurança e minimizar os custos e impactos ambientais que a execução deste tipo de obra pode ocasionar ao meio ambiente (BARROS, 2013).

Já em obras de barragens, o relevo é um condicionante geológico, de acordo com Queiroz (2009), porque a escolha do tipo de barragem está condicionada ao tipo de relevo da região. Isto, porque se obtém a viabilidade técnica e econômica (BARROS, 2013).

Percebe-se que o relevo é um condicionante geológico das obras de Engenharia Civil porque através do seu conhecimento obtido através dos estudos geológicos e geotécnicos da

área o engenheiro responsável pelo projeto executivo de uma estrada poderá determinar o melhor traçado geométrico para mesma, que poderá ocorrer contornando o relevo da região conforme figura 1.

Figura 2: Traçado geométrico da região ocorreu acompanhando o relevo



Fonte:(Barros,2013). Disponível em: <http://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/portais/docente/docente>

2.3.2 Natureza dos Solos

O solo é um material particulado, ou seja, constituído por partículas solidas de minerais; partículas de água; e partículas de ar. Cujo seu comportamento depende de como essas partículas estão dispostas formando a sua estrutura, assim como depende também das propriedades que são regidas por algumas características como: tamanho, forma das partículas constituintes do solo e da natureza do solo (SOUZA PINTO, 2006).

Tomando como base a definição de Souza Pinto (2006), percebe-se que os solos são materiais utilizados pela Engenharia Civil nas suas obras e que por isso é de extrema importância o engenheiro conhecer sua natureza que nada mais é do que o tipo de solo da

região onde se localiza. E os mesmos se diferenciam em função de suas propriedades que variam em função do tipo de solo que indica o comportamento de engenharia do mesmo.

A classificação do solo consiste em conhecer a sua natureza (tipo de solo) para que se possa fazer o uso adequado dos mesmos nas obras civis, pois fornece informações relevantes sobre o comportamento do solo (SOUZA PINTO, 2006).

Os principais tipos básicos de solos, de acordo com a classificação da textura dos solos (em função do tamanho do diâmetro das partículas sólidas que constituem o solo), são: areia, argila e silte (SOUZA PINTO, 2006).

Solos arenosos, segundo Souza Pinto 2006, são aqueles em que predominam na sua composição a areia e estes apresentam grãos grossos, médios e finos, porém todos visíveis a olho nu. Destacando que devido sua granulometria, ou seja, suas partículas serem de maior diâmetro são bem permeáveis e como se sabe que a permeabilidade não é uma característica apropriada para barragens de terra este não seria bom para ser usados neste tipo de obra. Enquanto define os solos argilosos como solos finos, não visíveis a olho nu e que apresentam alta permeabilidade, por esta razão quando bem compactados são bastante utilizados na construção do núcleo impermeabilizante de barragens de terra.

Logo, a natureza dos solos é um condicionante geológico das obras de Engenharia Civil porque o comportamento de engenharia dos solos influencia no dimensionamento e na estabilidade, segurança da obra (MACIEL FILHO, 2008).

As principais obras de Engenharia Civil que devem ter como condicionante geológico a natureza do terreno nos seus projetos de dimensionamentos e execução são: barragens de terra e estradas (QUEIROZ, 2009).

Então, neste sentido as incertezas sobre a natureza dos terrenos (solos) onde as obras de Engenharia Civil irão ser construídas devem ser sanadas através dos estudos geológicos e geotécnicos para que estas obras tenham um bom desempenho técnico e econômico (ZANELATO; 2003).

Barros (2013) afirma que nas construções de barragens de terra a natureza do solo deve ser levada em consideração na elaboração do projeto de dimensionamento de barragens de terra porque o solo nestas obras hora será utilizado como material de suporte (fundação) ou hora como material de construção. Destacando, ainda, que importante conhecer a natureza do solo da região onde serão construídas essas obras para conhecer o comportamento de engenharia do solo que deve ser levado em consideração na hora de decidir que tipo de solo é mais adequado para este uso.

Neste contexto, a natureza do terreno é um condicionante geológico das obras da Engenharia Civil porque o seu estudo detalhado possui grande contribuição para que o projeto seja executado da forma mais correta, segura e econômica. Onde a natureza do solo é a identificação das características de engenharia deste solo, avaliando as suas condições e restrições para o tipo de obra que poderia ser ou não executado na região escolhida. Além de contribuir como material de construção natural na obra, tornando-a mais viável economicamente.

2.3.3 Materiais de Construção

Maciel Filho (2007) afirma que os materiais de construção naturais são os mais antigos e também os mais utilizados até hoje pelo homem, citando como exemplo as rochas e os solos.

Os materiais de construção são condicionantes geológicos porque o fator econômico e o fator de segurança das obras de Engenharia Civil estão condicionados a escolha adequada dos materiais utilizados na execução das mesmas, a medida que o comportamento de engenharia destes materiais irá influenciar o desempenho das obras e que a extração destes materiais deve ocorrer em função do que existe disponível na região, pois só assim ele conseguirá diminuir os custos e maximizar os lucros em função da geologia da região em termos do que a mesma dispõe de recursos naturais que possam ser utilizados como materiais de construção na execução delas (QUEIROZ, 2009).

De acordo com estas definições, podemos conceber os materiais de construção como condicionantes geológicos porque o desempenho das obras de Engenharia Civil encontra-se vinculada a escolha do material utilizado na sua execução.

Os principais tipos de materiais naturais de construção utilizados nas obras civis são as rochas e os solos, o que irá determinar o uso dos mesmos são suas propriedades que interessam para engenharia por influenciarem no comportamento das obras de engenharia. Sendo as principais propriedades, a resistência mecânica, a coesão, a permeabilidade, entre outras. Por exemplo, solos para serem utilizados como materiais de construção devem apresentar propriedades distintas de quando são utilizados como materiais de fundação.

2.4 FENÔMENOS GEOLÓGICOS POSSÍVEIS DE OCORRER NAS OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL

Os fenômenos geológicos são aqueles que podem ser ocasionados por fatores naturais ou pela ação antrópica do homem, e quando acontecem podem influenciar diretamente o desempenho estrutural de obras de engenharia como estradas e barragens, uma vez que pode desencadear acidentes nestas obras. Utilizando como exemplo de fenômeno geológico passível de ocorrer em obras de Engenharia Civil a erosão interna (piping) que é um fenômeno comum de acontecer em barragens de terra quando o engenheiro não leva em consideração os estudos geológicos da região no dimensionamento e na execução dessas obras (BARROS, 2013).

De acordo com os autores estudados e mencionados anteriormente no decorrer deste trabalho, os principais fenômenos geológicos passíveis de ocorrer em obras de Engenharia civil são: a erosão e os movimentos de massa que acontecem em obras de estradas, e a erosão interna que ocorre em obras de barragens de terra.

Ministério Para a Coordenação da Acção Ambiental (2007) define erosão como a separação, transporte e deposição, e remoção de partículas do solo, tendo como causa fenômenos climáticos e podendo haver uma aceleração pelas atitudes humanas.

Queiroz (2009) define a erosão como um fenômeno geológico passível de ocorrer em estradas causadas pela alteração dos solos que constituem o corpo da estrada, estas alterações provocam pequenos danos que se agravam no decorrer do tempo, afetando a estrutura e desempenho das estradas causando sua instabilidade.

Segundo Maciel Filho (2007) movimentos de massa é a movimentações que incluem volume ou massa de solos ou rochas que se deslocam em um mesmo instante que são suscetíveis de acontecer em estradas devido à alteração provocada durante a construção das mesmas que afetam os taludes de corte.

Os movimentos de massa podem ser classificados como: rastejo que são movimentos lentos e contínuos da camada de solo ao longo de uma encosta, intensificados pela instabilidade introduzida pela abertura de cortes e sobrepeso por aterros, construções, depósitos; escorregamentos que são movimentos rápidos e bruscos de camadas de solo e ou rocha, deflagrados pela execução imprópria de cortes e aterros; queda de blocos e desabamentos que são os movimentos rápidos em queda livre ou rolamento, que envolvem blocos ou grandes lascas de rocha isolados em encostas (PALU JUNIOR; LONGO, 2010).

Os fenômenos geológicos são fenômenos que podem acontecer nas obras de Engenharia Civil quando o engenheiro não leva em consideração os estudos geológicos da região onde estas obras serão desenvolvidas, pois quando são realizados esses estudos nas áreas a serem construídas podem ser previstas e o engenheiro poderá tomar medidas de contenção para evitar a ocorrência dos acidentes que estes fenômenos poderiam provocar em suas obras, causando a instabilidade das mesmas. E que podem ser evitados quando são levantados a possível ocorrência dos mesmos e adotadas as devidas medidas de contenção que são medidas para conter os mesmos.

2.5 - MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA UTILIZADOS NAS OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL

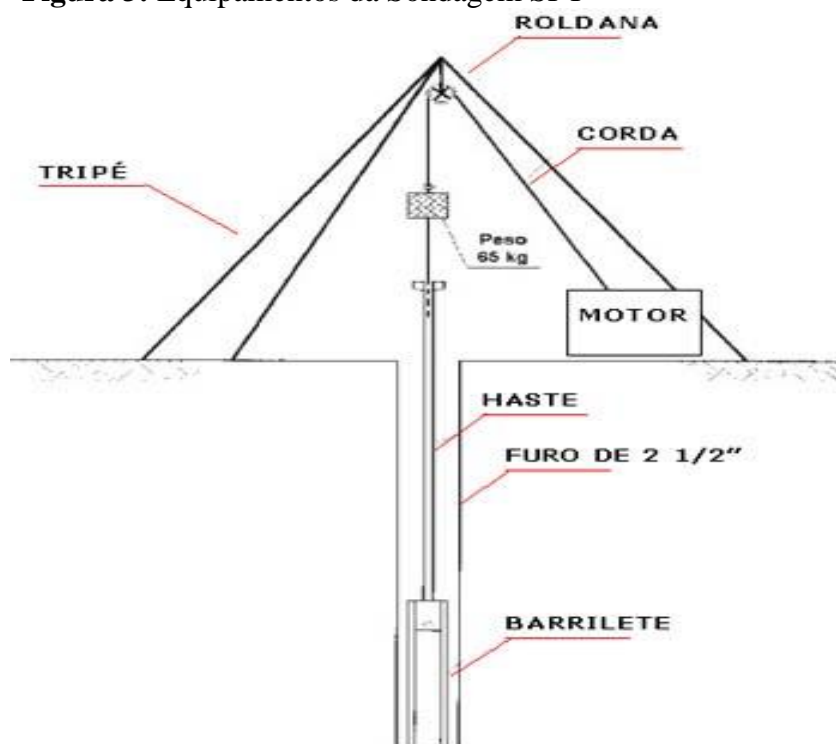
Os métodos de investigação geológica podem ser classificados em: métodos indiretos e métodos diretos. No primeiro caso, destaca que as informações são obtidas através da determinação de algumas propriedades físicas que sendo interpretadas de forma correta pode detectar informações importantes sobre o solo e corpos rochosos. Enquanto os métodos diretos as informações são obtidas através do contato entre pesquisador e material a ser analisado que acontece de forma direta, ou seja, com a retirada de amostras do material (MACIEL FILHO, 2007).

Na Engenharia Civil, o método de investigação geológica mais utilizada é sondagem que é um método direto, pois permite a obtenção direta das propriedades dos solos e das rochas através da coleta "in Locu" destes materiais. Os principais tipos de sondagens são: Sondagens de Simples Penetração - SPT e Sondagens Rotativas.

2.5.1 Sondagens de Simples Penetração (SPT)

A Sondagem de Simples Penetração (SPT) é um método de investigação geológica que se caracteriza por ser um teste de penetração padrão que ocorre com a finalidade de coletar uma amostra de solo para ser analisada em laboratório quanto a sua composição, o seu tipo de solo e o seu índice de resistência à penetração (MELLO; TEIXEIRA, 1960).

A Sondagem de Simples Penetração (SPT) é realizada fazendo uso de um tripé equipado com sarilho; tubos metálicos de revestimento, com diâmetro interno de 63,5 mm (2,5"), hastes de aço para avanço da perfuração, com diâmetro interno de 25 mm; martelo de ferro para cravação das hastes de perfuração, do amostrador e do revestimento; conjunto motor-bomba para circulação de água no avanço da perfuração; trado concha com 100 mm de diâmetro e helicoidal com diâmetro de 56 a 62 mm e amostrador padrão de diâmetro externo de 50,8 mm e interno de 34,9 mm, com corpo bipartido, como podemos observar na Figura 2.

Figura 3: Equipamentos da Sondagem SPT

Fonte: Fórum da Construção (2013). Disponível em:
<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=126>

Para que a execução da sondagem do tipo SPT ocorra de maneira correta a mesma deve seguir as normas de execução determinadas pela NBR-6484 de 2001, e a mesma é realizada em duas fases, segundo Mello & Teixeira (1960), são elas: a primeira é a da perfuração e a segunda a do ensaio propriamente dito. A perfuração acontece com o objetivo de coletar as amostras de solo que são chamadas de testemunhos e o ensaio "in situ" possui a finalidade da medição da resistência à penetração do solo (NSPT).

A sondagem de simples penetração é bastante utilizada, porém a mesma segundo Queiroz (2009) apresenta certas limitações, ou seja, não consegue penetrar o material duro (rocha). Logo, quando se deseja conhecer as propriedades de um terreno que apresenta rochas na sua constituição utiliza-se o método de investigação geológica da Sondagem Rotativa.

2.5.2 Sondagens Rotativas (SR)

Chiossi (1975) afirma que a Sondagem Rotativa (SR) é utilizada quando se deseja conhecer as propriedades de terrenos rochosos, de grandes profundidades, pois consegue penetrar nas rochas, por fazer uso de uma coroa capaz de perfurar as rochas. A figura 3 mostra a execução de uma sondagem rotativa.

A sondagem rotativa é um método de investigação geológica que faz uso de um conjunto moto-mecanizado, projetado para a obtenção de amostras de materiais rochosos, contínuas e com formato cilíndrico, através de ação perfurante dada basicamente por forças de penetração e rotação que, conjugadas, atuam com poder cortante (CHIOSSI, 1975).

Figura 4: Execução de uma Sondagem Rotativa (SR)



Fonte: SETE ENGENHARIA (2013). Disponível em: [http://sete.eng.br/sondagem-rotativa-ou-mista-1023-servico-1040#!prettyPhoto\[gal\]/5/](http://sete.eng.br/sondagem-rotativa-ou-mista-1023-servico-1040#!prettyPhoto[gal]/5/)

A execução da sondagem rotativa é de extrema importância em terrenos que apresentam extratos rochosos, pois é através da mesma que é detectada a presença de falhas e fraturas que os mesmos apresentam e que devem ser tratadas para evitar a instabilidade das obras civis (MARINHO; 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada na realização deste trabalho se caracterizou por uma pesquisa bibliográfica exploratória, descritiva e explicativa, uma vez que se fez o levantamento bibliográfico sobre o histórico da Geologia Aplicada à Engenharia; a definição da Geologia Aplicada à Engenharia; os condicionantes geológicos das obras de Engenharia Civil; os fenômenos geológicos de possível ocorrência nas obras de Engenharia Civil, e os métodos de levantamento dos dados geológicos, posteriormente, descreveu-se de maneira explicativa cada um destes tópicos.

Gil (1991) define a pesquisa bibliográfica como a pesquisa que faz uso das teorias contidas em livros, em materiais de cunho científico publicados em periódicos, assim como em dissertações e em teses.

Marconi e Lakatos (2006) afirmam que a pesquisa bibliográfica é aquela que leva em consideração os pensamentos reflexivos que fazem uso dos métodos científicos e procura levantar os conhecimento e as "verdades parciais".

A escolha da pesquisa bibliográfica exploratória, descritiva e explicativa para realização deste trabalho deu-se porque é uma metodologia que permite obter o conhecimento sobre o tema e permite mostrar o entendimento do conhecimento adquirido com a pesquisa realizada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 IMPACTOS CAUSADOS NAS OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL

A realização desta pesquisa bibliográfica permite constatar que os conhecimentos geológicos da região onde as obras da Engenharia Civil irão ser construídas devem ser levados em consideração para que estas obras alcancem viabilidade técnica e econômica. Além do fator de segurança durante toda vida útil da obra e que quando não são considerados poderá desencadear impactos negativos a estas obras.

Verifica-se que o principal impacto negativo é o comprometimento da estabilidade das obras que desencadeiam outros fatores negativos como o comprometimento da segurança dos usuários destas obras e as perdas econômicas vinculadas ao comprometimento da estrutura das obras.

Os impactos gerados dependem da tipologia da obra que é construída conforme figura 4, porém, percebeu-se que a literatura aborda com maior destaque as obras de barragens e de estradas, pois estas foram as primeiras obras civis que sofreram impactos que foram constatados e comprovados pelos laudos técnicos desenvolvidos após terem sua estabilidade comprometida que estes foram ocasionados por no dimensionamento destas obras os engenheiros não terem levado em consideração os conhecimentos geológicos da região.

Quadro 1: Impactos causados as obras de Engenharia Civil conforme sua tipologia

TIPOLOGIA DAS OBRAS	FENÔMENOS DE POSSÍVEL OCORRÊNCIA	IMPACTOS GERADOS
Barragens de Terra	Erosão Interna (entubamento)	Estabilidade e Econômico
Barragens de Concreto	Falhas presentes nas ombreiras	Estabilidade e Econômico
Estradas	Erosão	Estabilidade e Econômico
Estradas	Movimento de Massa	Segurança dos usuários

Fonte: Autoria própria

Os demais tipos de obras civis (como túneis, fundações das edificações, etc.) foi feita a opção por não mostrar neste trabalho os impactos que podem ocorrer nas mesmas quando os condicionantes geológicos da região não são considerados nos seus respectivos dimensionamentos, uma vez que após os acidentes ocorridos nas obras de barragens e de estradas os Engenheiros Civis perceberam a necessidade de se trabalhar em conjunto com os geólogos para obter as informações necessárias ao dimensionamento de suas obras e desde então consideram os parâmetros geológicos e geotécnicos nas mesmas para evitar os impactos, logo a literatura estudada não cita casos de acidentes ocorridos em túneis e fundações que estejam relacionados a não consideração dos condicionantes geológicos no dimensionamento das mesmas.

Com relação às obras de barragens, constata-se que no momento em que se pensa em construir uma barragem o primeiro passo que o Engenheiro Civil deve adotar diz respeito ao conhecimento da geologia da região no que tange ao relevo, pois é em função da mesma que ele irá escolher o tipo de barragem adequado para o local (terra ou concreto). Fato este que se verificou que se encontra vinculado não só a evitar o impacto na estabilidade da obra mais também ao fator econômico, pois para se evitar gastos faz o uso de barragens de terra em regiões de relevo marcado por vales abertos e o de barragens de concreto em regiões de relevo marcado por vales estreitos.

Em obras de estradas, percebe-se que além da estabilidade do corpo da estrada e da segurança dos usuários das mesmas, há também o impacto ambiental porque o engenheiro poderá fazer a opção por seguir o relevo da região ou por realizar cortes e aterros que irão comprometer o meio ambiente.

4.1.1 Barragens de Terra

Constata-se na literatura estudada que o principal impacto em barragens de terra quando não se é levado em consideração os estudos geológicos da região é o comprometimento da estabilidade da obra que dependendo da gravidade poderá desencadear perdas econômicas e humanas.

O principal impacto causado em barragens de terra na sua estabilidade é a ocorrência do fenômeno geológico do entubamento, também denominado de erosão interna, que poderia ser evitado quando se adota os estudos geológicos e geotécnicos da região, principalmente quando se leva em consideração o condicionante geológico da natureza do terreno que informa a possível ocorrência ou não. Assim, tendo conhecimento do provável acontecimento da erosão interna o engenheiro poderia adotar uma medida de contenção para evitar a ocorrência do mesmo e manter a estabilidade da obra.

O rompimento da Barragem da Pampulha que foi construída em Minas Gerais em 1954 é um exemplo do impacto ocasionado em barragens de terra quando não se considera os estudos geológicos da região porque o mesmo foi ocasionado, segundo o laudo técnico dado após o rompimento, porque a natureza do solo permitiu a infiltração da água no corpo da barragem que ocasionou uma fenda provocando o escoamento da água que levou a ruptura da barragem.

Figura 5: Fenômeno do Entubamento



Fonte: Notas de aula de GAE de Barros (2012). Disponível em:
<http://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/portais/docente/docente>

Este exemplo permite constatar que se os estudos geológicos e geotécnicos da área onde a barragem foi construída tivessem sido realizados e considerados pelos engenheiros o

rompimento da barragem (impacto a estabilidade da obra) poderia ter sido evitado. O que não teria implicado nos prejuízos econômicos, pois a instabilidade da obra não teria ocorrido.

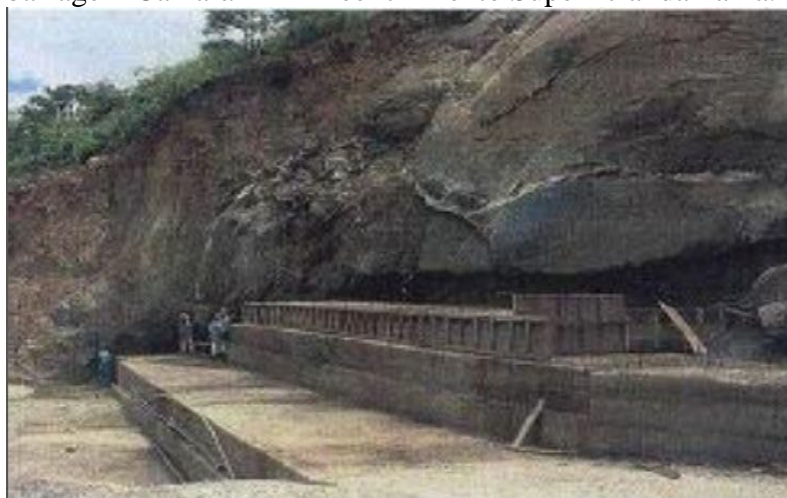
4.1.2 Barragens de Concreto

A estabilidade das barragens de concreto é comprometida quando os estudos geológicos não são realizados e nem levados em consideração quando na região há presença de falhas que quando não são detectadas e tratadas ocasionam como impacto o rompimento da barragem.

Verifica-se que as falhas quando são detectadas têm que ser tratadas para não causarem a instabilidade da barragem, geralmente este tratamento ocorre pelo preenchimento das falhas com concreto armado e que possibilita identificar a existência de falha nas rochas da região é a realização dos estudos geológicos.

O rompimento da Barragem de Camará mostra ocasionado pela falha na ombreira esquerda da barragem (Figura 5) que é necessário além de executar e considerar os estudos geológicos adotar corretamente o tratamento das falhas encontradas que dependerá da execução correta dos métodos de investigação geológica. Pois, estes indicarão a profundidade das falhas para que elas sejam preenchidas.

Figura 6: Solução obtida pela equipe responsável pela construção da barragem Camará-PB - Preenchimento Superficial da Falha.



Fonte: (Barros,2012). Disponível em:
<http://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/portais/docente/docente.jsf>

4.1.3 Estradas

Em obras civis como estradas percebe-se que o principal impacto causado por não se considerar os condicionantes geológicos no projeto executivo destas também é a instabilidade do corpo da estrada que pode ocorrer à probabilidade de erosões (Figura 6) promovidas por condicionantes como a natureza do terreno e dos movimentos de massa provocados pelos cortes dos taludes que são formas de relevo.

Figura 7: Erosão em estradas.



Fonte: (Livia Torres, 2006). Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/chuvas-no-rj/noticia/2011/01/um-dia-apos-cachoeira-de-lama-operarios-trabalham-na-rj-116.html>

Então, verifica-se que a erosão pode ser evitada quando se conhece a natureza do terreno e se faz uso de um material que não seja suscetível de sofrer este fenômeno, assim como os movimentos de massa podem ser contidos quando os estudos geológicos indicam probabilidade de sua ocorrência através de medidas de contenção simples como a proteção superficial do talude feita com vegetação como é mostrado na figura 7.

Figura 8: Proteção Superficial do talude de corte.



Fonte: (CPRM, 2003) Disponível:

http://www.cprm.gov.br/gestao/ppga_valedoribeira/Registros%20fotogr%E1ficos/TunasParana.htm

Percebe-se que o impacto causado nas obras de Engenharia Civil por não se considerar no dimensionamento das mesmas os condicionantes geológicos (relevo, natureza do terreno, materiais de construção) é ocasionado pela ocorrência dos fenômenos geológicos passíveis de ocorrer na região que irão ocasionar a instabilidade destas obras, desencadeando prejuízos econômicos e humanos.

4.2-IMPORTÂNCIA DA GEOLOGIA APLICADA À ENGENHARIA PARA O DESENVOLVIMENTO DAS OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL

Verifica-se que a importância da aplicação dos conhecimentos geológicos advindos da Geologia Aplicada à Engenharia Civil decorre do fato que estes promoverão a viabilidade técnica e econômica das obras de Engenharia Civil. Isto é, a estabilidade e a economia são alcançadas quando os engenheiros responsáveis pelo dimensionamento das mesmas levam em consideração os parâmetros geológicos e geotécnicos (como o coeficiente de permeabilidade do solo, em obras de barragens de terra) necessários aos cálculos das mesmas.

Com relação a relevância dos condicionantes geológicos, percebemos que estes recebem esta denominação porque irão condicionar a viabilidade técnica e econômica das

obras da Engenharia Civil ao uso dos mesmos no desenvolvimento dos projetos executivos das mesmas, tendo em vista que os projetos executivos correspondem ao conjunto dos elementos que materializam a execução destas obras, como no caso de estradas correspondem ao traçado geométrico da estrada e aos cálculos dos elementos que compõem o traçado da estrada (raios, ângulos de inclinação, etc.) que é condicionado pelo relevo da região.

Constata-se, também, que esta importância decorre também da possibilidade da Geologia Aplicada à Engenharia Civil identificar os fenômenos geológicos possíveis de ocorrerem e assim evitá-los, mantendo assim a estabilidade das obras.

A Geologia Aplicada à Engenharia possui essa grande importância para o desenvolvimento das obras de Engenharia Civil, pois seu estudo deve ser obrigatoriamente levado em consideração em obras de grande porte para que não ocorram perdas materiais, humanas e ambientais. De forma que essa análise dos estudos ocorram antes e durante a execução do projeto, pois depois da obra concluída os reparos caso algum impacto ocorra são de custos elevados, e com incertezas de sucesso na reparação da obra.

As condições geológicas impostas pela geologia regional do local a ser construído, possui influência nos métodos utilizados para sua construção, nos materiais que mais se adequam, no relevo onde a mesma vai estar dimensionada, se a natureza do solo seria apropriada para a tipologia de construção em questão e nos possíveis impactos que aquela obra irá gerar para região, meio ambiente, sociedade e economia. Já que para que a obra obtenha êxito, a junção desses fatores possui relevância sobre o projeto.

Um resultado que mostra a importância dos conhecimentos geológicos serem considerados nas obras civis é a duplicação da Rodovia dos Imigrantes que ficou conhecida internacionalmente devido a sua complexidade das características geológicas da Serra do Mar onde a Rodovia dos Imigrantes atravessa, como na figura 8.

Figura 8: Duplicação da Rodovia dos Imigrantes



Fonte: (Barros,2012). Disponível em: <http://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/portais/docente/docente.jsf>

Este fato ocorreu porque os engenheiros levando em consideração os condicionantes geológicos das regiões por onde passa esta estrada conseguiram além de garantir a estabilidade da obra, proporcionaram um menor impacto ambiental as regiões, pois optaram por construir alguns trechos da estrada elevados e outros em túneis, minimizando assim a necessidade de cortes que causariam um maior impacto.

Verifica-se que embora a solução adotada nesta obra tenha levado a um maior gasto econômico promovido pelo tipo de solução adotada para execução da duplicação por meio de túneis ou de elevações em alguns trechos para vencer o relevo das regiões que a Rodovia dos Imigrantes passa, que são soluções caras, com o objetivo de minimizar os impactos ao meio ambiente prevaleceu.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização da pesquisa desenvolvida neste trabalho, foi constatado que a Engenharia Civil deve trabalhar em conjunto com a Geologia Aplicada à Engenharia, pois é através dos conhecimentos geológicos da região fornecidos pela Geologia Aplicada à Engenharia que o engenheiro irá alcançar a viabilidade técnica e econômica em suas obras, mantendo a estabilidade das mesmas durante toda vida útil da obra.

Verifica-se que o surgimento da Geologia Aplicada à Engenharia deu-se devido a diversas ocorrências de acidentes estruturais nas obras de barragens e estradas que incentivaram a ocorrência de vários estudos da geologia na área e que fez com que os Engenheiros Civis sentissem a necessidade de passar a considerar os conhecimentos da Geologia Aplicada à Engenharia no dimensionamento de suas obras, para garantir a segurança da obra.

Percebe-se que os fenômenos geológicos são identificados pelos estudos geológicos da região e é estes estudos que possibilita os engenheiros adotarem medidas de contenção dos fenômenos que leva a manutenção da estabilidade das obras e que os métodos de investigação geológica são instrumentos da Geologia Aplicada à Engenharia que permitem a coleta de informações importantes sobre a geologia da área onde as obras serão construídas.

Constata-se que a Engenharia Civil deve considerar todos os condicionantes geológicos da região, para que futuramente não ocorra em suas obras problemas que provoquem a instabilidade das mesmas. Logo, a Geologia Aplicada à Engenharia deve caminhar junto da Engenharia Civil para que as obras sejam dimensionadas e executadas com eficácia e eficiência técnica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Brasil) (Org.). **NBR-6484 - Sondagem de Simples Penetração**. Disponível em: <http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios_documentos/doc_tecnico/download/engenharia_rodoviaria/Intrucoes_Normativas_para_Execucao_de_Sondagens.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2013.
- BARROS, S. V. A. **Notas de Aula de Geologia Aplicada à Engenharia**. Disponível em: <<http://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/portais/docente/docente.jsf>>. Acesso em: 05 de Janeiro de 2013.
- BRINKMANN, Roland. **Geologia Geral**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1964.
- BRASIL, Museu Virtual. **Barragem da Pampulha**. Disponível em: <http://www.museuvirtualbrasil.com.br/museu_pampulha/modules/news3/article.php?storyid=11>. Acesso em: 31 mar. 2013.
- CALDAS, Luciano Henrique de Oliveira. **Estudo Geológico e Geofísico da Falha de Carnaubais, Bacia Potiguar-RN, Implicações Neotectônicas**. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado/tde_arquivos/11/TDE-2006-08-18T003427Z-176/Publico/LucianoHOC_ate_cap3.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2013.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S.a, 1975.
- CHIOSSI, Nivaldo José - **Geologia Aplicada à Engenharia**. Ed. Grêmio Politécnico da USP, 1975
- DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Instruções Gerais a serem Observadas na Construção das Barragens de Terra**. Revista e ampliada. 2 edicao. Fortaleza, 1981.
- FERNANDES, Nelson F. et al. **Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis**. Revista Brasileira de Geomorfologia, Volume 2, Nº 1 (2001) 51-71 . Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/8/6>>. Acesso em: 14 abr. 2013.
- GEOLOGIA, Diretoria de Engenharia Gerencia de Projetos Rodoviários. **Http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios_documentos/doc_tecnico/download/engenharia_rodoviaria/Intrucoes_Normativas_para_Execucao_de_Sondagens.pdf**. Disponível em: <http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios_documentos/doc_tecnico/download/engenharia_rodoviaria/Intrucoes_Normativas_para_Execucao_de_Sondagens.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GUERRA, Antonio José Teixeira; BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. **CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DOS SOLOS RELEVANTES PARA OS ESTUDOS PEDOLÓGICOS E ANÁLISE DOS PROCESSOS EROSIVOS**. Anuário do Instituto de Geociências - V.19 - 1996 . Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/pdf/anigeo/v19/v19a08.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2013.

IBGE. **Informações sobre Relevo**. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/relevo-e-clima>>. Acesso em: 31 mar. 2013.

JUNK, Wolfgang J; MELLO, J. A. S. Nunes. **Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira**. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40141990000100010&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 abr. 2013.

KANJI, Milton Assis . **Barragem de Camará**. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC029/MKANJICamara.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2013.

LAKATUS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MARANGON, Márcio. **Apostila elementos de geologia**. Departamento de Transportes e Geotecnia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 1995. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2009/10/Apostila-prof.-Marangon1.pdf> >. Acesso em: 05 de Janeiro de 2013.

MACIEL FILHO, Carlos Leite. **Introdução á Geologia de Engenharia**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

MELLO, Victor F. B.; TEIXEIRA, Alberto H.. **Mecânica dos Solos, Fundações e Obras de Terra**. São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos, 1960.

MARINHO, Celia Aparecida Silva. **Estudos Geológicos Geotécnicos do AHE Simplício**. 2007. 98 f. Tese (Graduação) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

Ministério da Integração. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/noticia/c5596c72> >. Acesso em: 05 de Janeiro de 2013.

PALU JUNIOR, Ari; LONGE, Orlando Celso. **Análise dos Movimentos de Massa em área urbana: O caso do bairro Dom Giocondo**. VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Disponível em: http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg6/anais/T10_0240_1200.pdf

PEREIRA, José Matias. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. São Paulo: Atlas S.a ., 2007.

QUEIROZ, R. C. **Geologia e Geotécnica Básica para Engenharia Civil**. São Carlos/SP: Rima, 2009.

SOUZA PINTO, Carlos, **Curso Básico de Mecânica dos Solos**, Ed. Oficina de Textos, São Paulo. 2006.

STURARO, J.R. **Mapeamento geoestatístico de propriedades geológico-geotécnicas obtidas em sondagens de simples reconhecimento**. Tese de Doutorado em Geotécnia, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 183 pp.1994.

ZANELATO, Elieser Antonio. **Escavações de Túneis - Métodos Construtivos**. 2003. 86 f. Tese (Graduação) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003.