

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

BRUNA LACERDA DE MORAIS

ISADORA GONÇALVES LOPES

**ANALISE DE SOLO COLAPSÍVEIS:
UM ESTUDO DA VILA FORMOSA DE ANÁPOLIS-GO**

ANÁPOLIS / GO

2018

BRUNA LACERDA DE MORAIS
ISADORA GONÇALVES LOPES

ANALISE DE SOLO COLAPSÍVEIS:
UM ESTUDO DA VILA FORMOSA DE ANÁPOLIS-GO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA

ORIENTADOR: FABRICIO NASCIMENTO SILVA

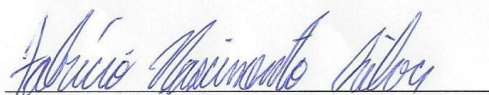
ANÁPOLIS / GO: 2018

**BRUNA LACERDA DE MORAIS
ISADORA GONÇALVES LOPES**

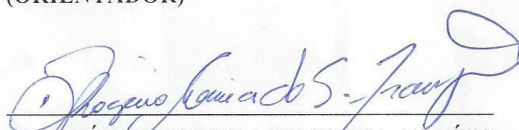
**ANALISE DE SOLO COLAPTIVEIS:
UM ESTUDO DA VILA FORMOSA DE ANÁPOLIS-GO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

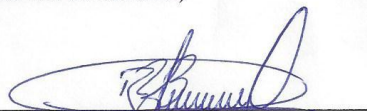
APROVADO POR:



**FABRÍCIO NASCIMENTO SILVA
(ORIENTADOR)**



**RHOGÉRIO CORREIA DE SOUZA ARAÚJO
(EXAMINADOR INTERNO)**



**RODOLFO RODRIGUES DE SOUSA BORGES
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 07 de JUNHO de 2018.

FICHA CATALOGRÁFICA

MORAIS, BRUNA LACERDA/ LOPES, ISADORA GONÇALVES

Análise de Solo Colapsíveis: Um estudo da Vila Formosa de Anápolis

91P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC-UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Estudo do solo	2.
3.	4.
I. ENC/UNI	II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MORAIS, Bruna Lacerda; LOPES, Isadora Gonçalves. Análise de Solo Colapsíveis: Um estudo da Vila Formosa de Anápolis. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 45p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Bruna Lacerda de Morais

Isadora Gonçalves Lopes

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise de Solo Colapsíveis: Um estudo da Vila Formosa de Anápolis GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Isadora Gonçalves Lopes *Bruna Lacerda de Morais*

Isadora Gonçalves Lopes

Bruna Lacerda de Morais

E-mail: isadora-g-l@hotmail.com.br

E-mail: brunalacerda.m@hotmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada seria possível. Agradeço pela coragem e fé dada, e por ser O motivo pelo qual nunca me deixei abater com os problemas do dia-a-dia, procurando sempre mais forças para continuar.

Isadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado a glória de chegar até aqui e sempre ter me abençoado durante as minhas conquistas. Aos meus pais, por serem o meu alicerce, não deixando nunca desistir dos meus objetivos. Agradeço por terem me ensinado que a maior riqueza de uma pessoa são os estudos.

Bruna

“Fazer novas perguntas e considerar novas possibilidades para focar velhos problemas através de um novo ângulo exigem imaginação criadora e indica o verdadeiro progresso da ciência.” (Albert Einstein)

RESUMO

Introdução: O colapso de solos é um fenômeno típico de solos altamente porosos quando saturados, induzindo recalques significativos em fundações de obras civis, comprometendo total ou parcialmente estas obras. **Objetivo:** analisar as medidas tomadas para a problemática dos solos colapsíveis da vila Formosa, que estão sendo adotados pela Prefeitura de Anápolis-GO. **Metodologia:** O trabalho foi estruturado em três partes, inicialmente são apresentadas as considerações iniciais traçando uma introdução sobre solos colapsíveis, os objetivos do trabalho, justificativa e metodologia, o segundo capítulo faz uma abordagem de conceito de solos colapsíveis fazendo uma abordagem teórica, o capítulo dois faz uma abordagem sobre solo colapsíveis abordará sobre as problemáticas da Vila Formosa da Cidade de Anápolis-GO, onde foram abordados os dados fornecidos pela prefeitura local em ser departamento competente assim como a solução para o problema e por fim, o terceiro capítulo trás uma conclusão e análise final dos dados levantados. **Conclusão:** Diante da análise realizada foi possível identificar que a problemática do solo colapsíveis na região que foram resultados de interferências como o escoamento da água pluvial, sendo o recebimento superficial nas micro bacias, fazendo com que haja uma concentração de água por baixo das galerias, que tem um aumento de volume provocando a movimentação de terra e erosões, além de galeria de água que encontra-se danificadas que causa inúmeros transtornos, mas que já existe uma solução em elaboração que é a construção de parque no local e assim solucionar tal problemática. **Palavras chaves:** Solo Colapsíveis. Colapso. Análise de solo. Engenharia.

ABSTRACT

Introduction: Soil collapse is a typical phenomenon of highly porous soils when saturated, inducing significant settlements in foundations of civil works, totally or partially compromising these works. **Objective:** to analyze the measures taken for the problem of the collapsible soils of the Formosa village, which are being adopted by the Anápolis-GOP. **Methodology:** The work was structured in three parts, initially the initial considerations are presented by tracing an introduction on collapsible soils, the objectives of the work, justification and methodology, the second chapter makes a concept approach of collapsible soils making a theoretical approach, chapter two approaches to collapsible soil will address the problems of Vila Formosa in the city of Anápolis-GO, where the data provided by the local municipality in being a competent department as well as the solution to the problem were addressed, and finally, the third chapter brings a conclusion and final analysis of the data collected. **Conclusion:** In the face of the analysis carried out, it was possible to identify that the problem of collapsible soil in the region that were results of interferences such as rainwater drainage, being the superficial reception in the micro basins, causing a concentration of water under the galleries, which has a volume increase causing the movement of the earth beyond gallery of water that is damaged that causes numerous disorders, but that there is already a solution in preparation that is the construction of park in the place and thus solve such problem.

Key words: Collapsible soil. Collapse. Soil analysis. Engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Classificação de riscos Ambientais.....	18
Figura 2: Avarias das edificações devido ao efeito do colapso.....	22
Figura 3: Localização da Vila Formosa na Cidade de Anápolis.....	30
Figura 4: Erosão da Rua Leopoldo de Bulhões.....	32
Figura 5: Erosão da Vila Formosa na Vila Formosa.....	32
Figura 6: Erosão que corrompeu Avenida Federal.....	33
Figura 7: Lixo na erosão da Vila Formosa.....	34
Figura 8: Deslizamento de terra em período chuvoso da Vila Formosa.....	34
Figura 9: Galeria danificada da Vila Formosa.....	35
Figura 10: Galeria danificada da Vila Formosa.....	35
Figura 11: Mapa Planialométrico da região de Vila Formosa de Anápolis.....	36
Figura 12: Estudo de solo Vila Formosa de Anápolis.....	37
Figura 13: Demonstração de possíveis rastejos na Vila Formosa de Anápolis.....	37
Figura 14: Ocorrência de rastejos na Vila Formosa de Anápolis.....	39
Figura 15: Erosão que corrompeu Avenida Federal.....	39
Figura 16: Local do Parque da Liberdade Antes da Instalação do Parque da Liberdade.....	40
Figura 17:Parque da Liberdade com Instalação do Parque da Liberdade.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Definição dos principais termos utilizados na análise de risco ambiental, e em particular, os associados a escorregamentos.....	20
Tabela 2: Critérios de identificação diretos do colapso.....	26
Tabela 3: Estudo do Processo Natural da Erosão da Vila Formosa.....	31
Tabela 4: Classe e teores de fósforos.....	37
Tabela 5: Presença de fósforos e potássio em argila.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivos gerais.....	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 METODOLOGIA	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2RISCOS GEOLÓGICOS URBANOS	17
2.1 CONCEITO DE RISCOS GEOLÓGICOS URBANOS	17
2.2 CLASSIFICAÇÕES DOS RISCOS	17
3 CONCEITO DE SOLOS COLPSÍVEIS	21
3.1 SOLOS COLAPSÍVEIS	21
3.1.1 Critérios que definem um solo colapsível	22
3.1.2 Consequências do Colapso de Solos	23
3.1.3 Gerenciamento de riscos	24
3.1.4 Técnicas de identificação de solos colapsíveis	25
3.1.5 Técnicas de tratamento e melhoria de solos colapsíveis.....	25
4 ESTUDO DE CASO	28
4.1 LOCALIZAÇÃO	28
4.2 PROBLEMÁTICA DA REGIÃO	29
4.3 ANÁLISE DO SOLO	32
4.4 PROVIDENCIAS QUE SERÃO TOMADAS	37
4.5 POSSIVEIS INTERVENÇÕES	39
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de clima tropical que favorece para que aconteçam alterações pedogênicas estimulando o surgimento de solos com potências colapsíveis, devido ao grande volume de água das chuvas. Destaca-se que se houver implantação de edificações sob essas camadas, devido a variação de comportamento do solo pode ter como resultado fissuras e trincas que comprometem a obra. Conforme a ABNT NBR 6122/2010, o colapso é acentuado em camadas superficiais do solo, o que limita a fundação nestes locais.

Em concordância a isso destaca-se que o fenômeno de colapsividade ocorrer devido ao grande volume de água em espaços vazios existentes no solo, além das tensões que aumentam o limite de resistência suportada pelo solo, diante de tal fato evidencia que o solo colapsível trata-se de uma saturação, ou seja, uma movimentação que visa cobrir os espaços vazios existentes no solo (SOUZA, 1992, p.10).

Por fim salienta-se, que obras em solos colapsíveis tem poucos estudos relacionados a temática, o que gera empecilhos para execução de obras nestes locais, pois necessitam de fundações profundas o que resulta em obras bastante onerosas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos gerais

Analisar as medidas tomadas para a problemática dos solos colapsíveis da vila Formosa, que estão sendo adotados pela Prefeitura de Anápolis-GO.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Conceituar e analisar as características dos solos colapsíveis;
- b) Salientar as técnicas de tratamento utilizada em solos colapsíveis;
- c) Realizar uma avaliação das medidas que estão sendo tomada pela prefeitura para a resolução do problema.

1.2 JUSTIFICATIVA

O conhecimento da existência de processos de colapso de solos e das condições que os potencializam pode proporcionar uma melhor adequação das obras de engenharia a esta realidade.

Esse trabalho se justifica, pois, existe uma grande incidência de solos colapsíveis no Brasil, em especial na região do Estado de Goiás, sendo que a problemática da Vila Formosa na cidade de Anápolis, vem se arrastando por anos promovendo inarráveis prejuízos e transtornos para os moradores daquela região.

Por este motivo foi proposto o presente trabalho cujo resultado final está relacionado aos motivos do colapso e as medidas que estão sendo providenciadas para solucionar o problema.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia adotada foi baseada em uma pesquisa bibliográfica com a implementação de uma pesquisa de campo. Toda pesquisa foi orientada no sentido de mostrar e descrever as características específicas dos solos colapsíveis.

Para o desenvolvimento do trabalho foram expostos conceitos e definições por meio de levantamento de material bibliográfico e fotos ilustrativas, demonstrando as técnicas de tratamento e melhoria dos solos colapsíveis.

Para a análise dos resultados foi realizado um análise da erosão existente na Vila Formosa, onde dados foram pesquisados e adquiridos na Prefeitura de Anápolis-GO, pelo departamento PROANA (Programa de Crescimento de Anápolis) e do Corpo de bombeiro, que por meio da equipe de engenharia disponibilizaram os gráficos, fotografias, dados e o plano de políticas públicas voltadas para a solução do problema no local.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado em três partes. Inicialmente são apresentadas as considerações iniciais traçando uma introdução sobre solos colapsíveis, os objetivos do trabalho, justificativa e metodologia.

O segundo capítulo faz uma abordagem sobre os riscos que são ocasionados as áreas urbanas em relação a problemática dos solos colapsíveis, buscou-se relatar a classificação dos riscos para assim elaborassem conceitos e fundamentos para uma melhor compreensão do capítulo seguinte.

O Terceiro capítulo faz uma abordagem de conceito de solos colapsíveis fazendo uma abordagem teórica, o capítulo seguinte abordará sobre as problemáticas da Vila Formosa da Cidade de Anápolis-GO, aonde foram abordados os dados fornecidos pela prefeitura local em ser departamento competente assim como a solução para o problema, e por fim o terceiro capítulo trás uma conclusão e análise final dos dados levantados.

2RISCOS GEOLÓGICOS URBANOS

2.1 CONCEITO DE RISCOS GEOLÓGICOS URBANOS

É evidente notar na atualidade que os centros urbanos vem crescendo de forma gradativa, e isso faz com que cada vez mais surjam a exploração de meios naturais, tais como recurso hídricos, cortes de arvores e outros, sendo uma intensa exploração não somente para a construção, mas também para instalação de indústrias e comércios, quando essa urbanização é feita de forma errônea esse processo se torna fragilizado o solo Marcelino (2008).

Destaca-se assim, que conforme o Ministério do Meio Ambiente- MMA (2007) é de fundamental importância que sejam feitas análises ambientais, para mensurar as mudanças que ocorrem no solo da região urbanizada. Levanta-se, o conceito levantado por Bertrand (1972, p.1) acerca da paisagem, que pode ser definida como elemento geográfico que junta elementos biológicos e físicos que combinam entre si formando um conjunto de evolução que ocorrem de forma contínuas e ininterruptas.

Neste sentido com a urbanização, faz com que possíveis processos geológicos naturais podem ser avançados ou retardados diante da presença do homem, sendo assim, deve-se constantemente sejam realizadas análises das interferências urbanas que podem causar a alteração feita no local urbanizado.

2.2 CLASSIFICAÇÕES DOS RISCOS

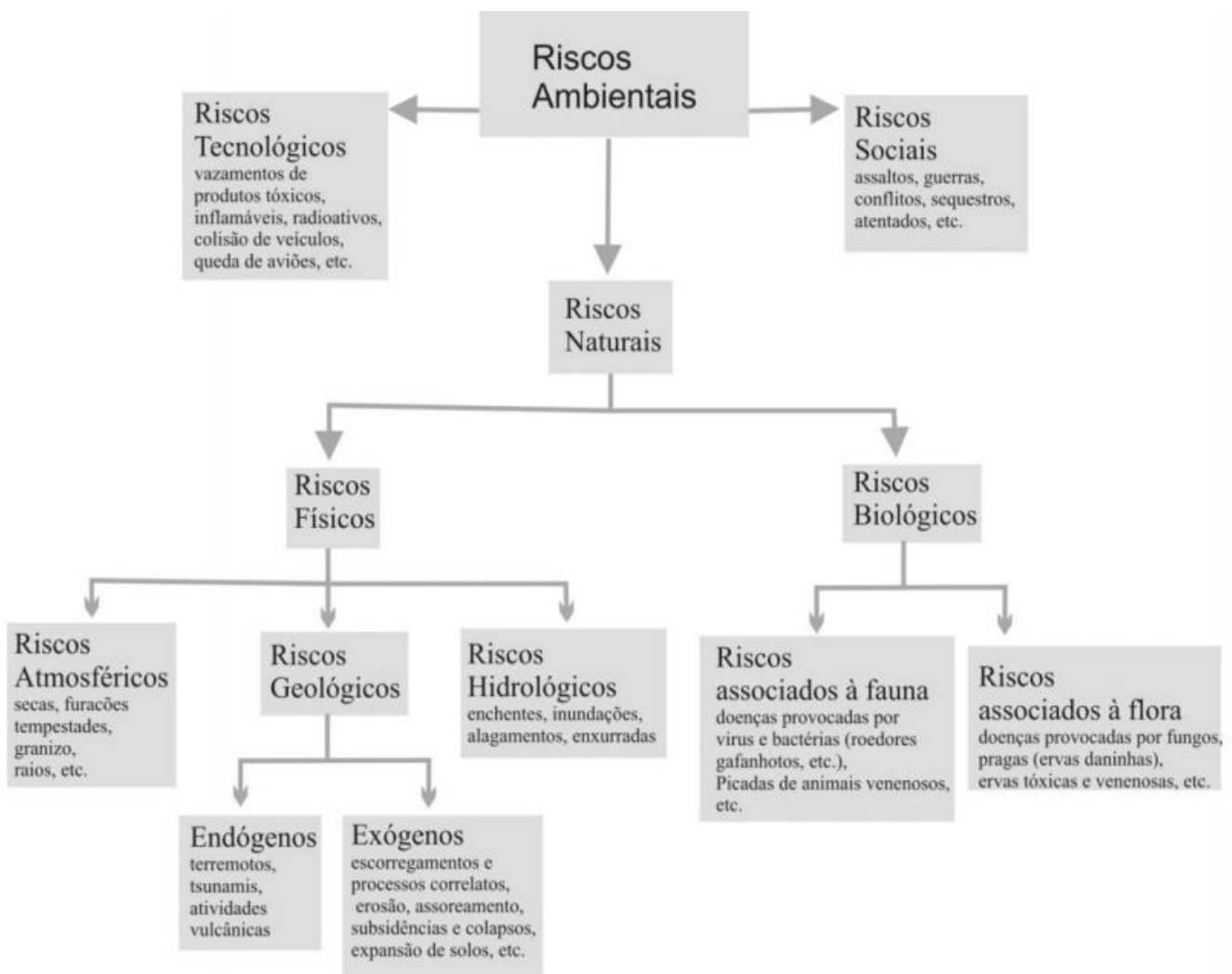
A classificação de risco geológico está ligada aos fatos naturais que podem proporcionar algum tipo de risco de vida para a vida humana de uma determinada região, causando impactos sobre a saúde, bens materiais, sociais e outros, que geram prejuízos e perdas para o meio ambiente e cofres públicos.

Neste sentido Cerri & Amaral (1998) afirmam que, quando ocorre um fenômeno geológico, pode resultar tanto em perdas como em ganhos, conforme o seu evento ou ocorrência, por isso leva o nome de risco geológico os fenômenos que ocorrem no âmbito natural.

Sendo assim, o estado de vulnerabilidade está ligado a grupos ou áreas de riscos, que afetam determinado ambiente por fenômeno natural ou por interferência humana, destaca-se que um grande desastre pode gerar danos irreparáveis ao ambiente e até mesmo o sofrimento de pessoas deste local ou próxima, resultadas de catástrofe.

Salienta-se conforme Cerri& Amaral (1998) consideram os riscos ambientais como a classe maior dos riscos, subdividindo-os em classes e subclasses de acordo com o fluxograma disposto na Figura1.

Figura 1-Classificação de riscos Ambientais



Fonte: Cerri& Amaral, 1998

Os desastres podem ser classificados como naturais (fatores intrínsecos na natureza como chuvas, furacões, secas e outros) e humanos (fatores de interferência humana como construções, incêndio e outros) que são induzidos de acordo com Marcelino (2008).

O Ministério da Integração Nacional, em 2003, apresentou a definição de Desastres Mistos como sendo quando as ações e omissões humanas contribuem para intensificar ou agravar fenômenos potencialmente indutores de desastres. Também se caracterizam quando intercorrências de fenômenos naturais adversos, atuando sobre condições ambientais degradadas pelo homem, desencadeiam desastres.

Destaca-se que o risco geológico deve ser feito por um profissional qualificado que deve observar os seguintes pontos conforme levantados por Augusto Filho (2001):

Tabela 1: Definição dos termos utilizados na análise de risco ambiental

Termo	Definição
Risco	É a relação entre a probabilidade e a consequência, estimando-se assim o produto.
Processo perigoso	É a implicação de previsão da evolução de processo natural que pode ocasionar na natureza algum tipo de situação que apresente ameaça.
Perigo	Situação ou condição que pode resultar em uma situação que não seja agradável, como deslizamento e desmoronamento, em geral estão relacionados a condição do tempo e condições climáticas.
Elementos sob risco	São aqueles locais que tem algum tipo de construção que interferem nas consequências negativas de determinada área, sejam essas interferências em âmbito público(asfalto) ou privado (casas).
Probabilidade	Trata-se da estimativa e probabilidade de vulnerabilidade de determinado local, sendo classificados pelos engenheiros como 0 para impossível e 1 para evento certo.
Vulnerabilidade	É a análise de perda dentro das áreas afetada que usa a classificação de 0 para quando não há perda e 1 para quando a perda é total.
Análise de Risco	É a identificação por meio de informação das situações que implicam em algum tipo de vulnerabilidade em determinada área podendo estas serem classificadas em etapas do seguinte modo: definição do escopo; identificação do perigo; e a determinação do risco.
Avaliação de Risco	É a análise do conjunto, das possíveis eventualidades de interferência e possíveis ocorrências.
Estimativa do Risco	É o modo utilizado para mensurar os níveis de risco de um determinado ambiente devendo ser salientado os seguintes pontos: análise da frequência do acidente considerado; análise das consequências potenciais relacionadas ao acidente; e a integração entre elas.
Cálculo de Risco	Trata-se da mensuração estipulado por meio das situações geológicas devendo considerar as intervenções e consequências ambientais, econômicas e sociais, buscando alternativas para gerenciamento dos riscos.
Gerenciamento de Risco	Pode ser identificado como o processo completo de avaliação e controle de risco
Risco Aceitável	São condições que por meio de medidas paliativas e de controle podem ser aceitáveis pois não correm o risco de tomarem grandes proporções, sendo possível inclusive reduzidos.
Risco Tolerável	Trata-se de um risco tolerável, sendo possível ainda tirar algum benefício da situação.
Risco Individual	É aquele risco implicado apenas a um determinado grupo que vive em situação de risco, sendo somente este público suscetível a consequência de algum evento da região.
Risco Social	Podem ser classificados como aqueles que atingem toda uma sociedade,

causando inúmeros problemas sociais, financeiros e acidentes que podem ter como resultado mortes.

Fonte: Augusto Filho, 2001

Por fim, a área de Riscos Geológicos caracteriza-se por ser um campo de atuação que conjuga métodos e técnicas de análise de outros ramos profissionais. Existem muitas fontes bibliográficas que contemplam conceitos relacionados a riscos geológicos e termos associados.

3 CONCEITO DE SOLOS COLPSÍVEIS

3.1 SOLOS COLAPSÍVEIS

Países de clima tropical, como o Brasil, estão em situação de predisposição a desenvolverem solos colapsíveis, pois existe uma alteração constante no solo onde as interferências climáticas determinam em alguns momentos solo muito seco pela escassez de chuva, ou até mesmo por períodos, existindo um excesso de água devido as chuvas(VILAR et al., 1981).

Neste sentido Lessa (2005), destaca que os solos colapsíveis no Brasil são comumente encontrados nos seguintes nas regiões: Norte(Amazonas), Nordeste (Piauí, Pernambuco, Tocantins, Bahia), Sudeste (Minas Gerais, São Paulo), Sul (Paraná e Rio Grande do Sul) e Centro-oeste (Goiás e Distrito Federal).

Cintra e Aoki (2009), em estudos identificaram que o colapso é comum em solos mais porosos não saturados ao serem inundado, pois a inundação anula a sucção matricial que ocorre pelos vazios presentes no solo, o que proporciona uma redução no cisalhamento, o que proporciona variação no volume, que é chamado de recalque de colapso, que gera como possíveis resultado na estrutura trincas e rachaduras e em casos excepcionais até a ruína parcial ou total da estrutura, como exemplificação segue a Figura 2.

Figura 2: Avarias das edificações devido ao efeito do colapso



Fonte: Rodrigues (2013)

Nos achados, de Lobo et al. (1997), analisou-se obras em diferentes cidades foi possível identificar o efeito do colapso em diferentes condições identificando o desenvolvimento em situações específicas como umidade, tensões, espessura da camada do solo, infiltração e sobre.

Por fim, destaca-se que o colapso não pode ser confundido ou equiparado com adensamento, visto que são bastante diferentes, pois no adensamento da água, ocorrendo de forma lenta, já no colapso uma expulsão do ar que ocorre de forma rápida (GONÇALVES, 2006).

3.1.1 Critérios que definem um solo colapsível

Segundo Ali (2015) a densidade seca e a plasticidade dos solos colapsíveis são ambas baixas e os seus valores de limite de liquidez, índice de plasticidade e teor de umidade são geralmente inferiores à 45%, 25% e 10% respectivamente.

Neste sentido, Melo (1972) os solos que apresentam possibilidade de serem colapsíveis podem ser identificados como aqueles que apresentam menos de 80% de compactação natural, e em um estudo que analisaram solos brasileiros identificaram que o Grau de Compactação Natural (GC_n) menos que 90% apresentaram probabilidades de solo colapsíveis.

Sendo assim vale ressaltar que o pensamento de Tsuha e Schward (2011)“solos colapsíveis são solos não saturados encontrados em diversas regiões do Brasil. Este tipo de solo quando inundado apresenta grande deformação e perda de resistência.”

Lawton et al. (1992) destaca que existem algumas condições que facilitam a identificação de solo colapsíveis como:

- Existência de uma estrutura não saturada;
- Tensões totais suficientes para causar o colapso;
- Presença de um alto valor de sucção ou agente cimentante; e
- Adição de água ao solo.

Sendo assim, são comuns as alterações em rochas como gnaisses e quartzitos, além da presença de um solo arenoso e argilo-arenoso, sendo que no interior é possível identificar um vazio que quando passa a sofrer uma pressão esses vazios passam a ser preenchidos, fazendo que uma construção instalada ali essa movimentação proporcione rachaduras (ARAUJO, 2009).

Destaca-se que essa movimentação é conhecida como metaestabilidade estrutural que proporciona alterações no estado de tensão do solo que são eletromagnéticas que sofrem alterações cimentíceas, salienta-se que outro fator contribuinte é a entrada de água no solo que preenche esses vazios (LESSA, 2005).

Uma forma de solucionar o problema do solo colapsíveis é realizar uma fundação que atinja várias camadas do solo, fazendo com que mesmo que haja uma movimentação a estrutura será mantida sem que haja algo que danifique a estrutura (RODRIGUES, 2013).

3.1.2 Consequências do Colapso de Solos

Conforme Mendes (2001), os solos que apresentam características de colapsibilidade constituem-se em uma preocupação dentro da geotécnica, principalmente quando utilizados como camada de suporte das fundações nas construções. Muitas obras apresentam trincas imediatamente após a infiltração de água no solo. Essa infiltração acidental pode ser proveniente, em muitos casos, do rompimento de condutores de água, de esgoto e da própria chuva. A água infiltrada aumenta o grau de saturação do terreno quebrando a estabilidade do solo, provocando recalques imediatos, os quais são responsáveis por danos estruturais nas obras.

Os recalques dos terrenos de fundação decorrentes do colapso do solo e suas consequências mais comuns, como danificação de edificações, de obras de infraestrutura e de leitos viários, figuram como problemas importantes e cada vez mais frequentes nas áreas urbanas e industriais. Ocorrem principalmente, nos setores de ocupação mais antiga, onde os itens da infraestrutura, como as redes de água e esgoto, galerias pluviais e áreas úmidas de residências, estão degradadas, subdimensionadas e/ou obsoletas. Além disto, a maior parte das edificações não conta com estruturas de fundação adequadas para este tipo de fenômeno (NAKAZAWA et al., 1995).

A Norma Brasileira sobre Projeto e Execução de Fundações (NBR 6122/96), no item 6.2.2.4, fixa a seguinte observação quanto aos solos colapsíveis, que para que sejam realizadas construções, em solos com potenciais de colapso, deve se evitar que sejam fundações rasa ou superficiais, levando em consideração sempre que existe uma possibilidade que o solo seja encharcado, elaborando deste modo um projeto que tenha coesão com o solo e vise solucionar a problemática.

Descreve-se Mendes (2001, *online*) seguinte nota de observação: “A condição de colapsibilidade deve ser evitada através de critérios adequados, não se dispensando a realização de ensaios edométricos com encharcamento do solo.”

3.1.3 Gerenciamento de riscos

Os processos geológicos fazem parte da dinâmica natural do planeta, ou seja, sua ocorrência independe da presença do homem. Entretanto, com a intensificação das atividades humanas, muitos processos geológicos passaram a ocorrer com mais frequência, dado que podem ser induzidos, acelerados e potencializados pelas alterações decorrentes do uso e ocupação do solo (CERRI; AMARAL, 2001).

Os métodos e técnicas de identificação, avaliação ou análise de riscos devem fundamentar a elaboração de programas de gerenciamento, envolvendo uma série de ações de mitigação adequadas a cada situação ou nível de risco. Estas ações de mitigação, também são identificadas como medidas de prevenção e controle, ou de naturezas estrutural e não estrutural (AUGUSTO FILHO, 2001).

De acordo com Augusto Filho (2001), talvez o melhor indicador do esforço mundial, no sentido de se aplicar as técnicas de análise e gerenciamento de risco para os processos da dinâmica natural do nosso planeta, seja a ação da Organização das Nações Unidas – ONU, que proclamou os anos 90 como a Década Internacional para Redução de Desastres Naturais.

Abordando a questão de prevenção de acidentes, Cerri (1993) estabelece os objetivos, as respectivas medidas de prevenção e as correspondentes ações técnicas, destinadas à prevenção de acidentes associados a escorregamentos em encostas ocupadas.

Carvalho (1996) relata que a redução do risco pode ser atingida por intervenções de caráter geral, que envolvem o conjunto de setores de risco, como é o caso das ações informativas e educativas e os planos preventivos. O autor citado comenta que, outros tipos de intervenção são específicos de cada setor, com a escolha de diferentes tipos de obras para cada setor em particular ou a remoção definitiva dos moradores das áreas de risco, neste sentido as intervenções de caráter geral são complementares às de caráter específico, sendo recomendável que sejam implantadas em conjunto.

3.1.4 Técnicas de identificação de solos colapsíveis

Para que um solo colapsível seja identificado são utilizados os critérios de índice físico de umidade e porosidade, que podem ser evidenciados por meio de ensaios laborais, devendo assim ser utilizados fundamentados de acordo com a movimentação de terras ou histórico da região (CAMAPUM et al., 2015). Diante disso existem os seguintes métodos a seguir na Tabela 2:

Tabela 2: Critérios de identificação diretos do colapso

MÉTODO	CRITÉRIO	FUNDAMENTO
Direto (avaliativos e qualitativos)	Ensaio Edométrico	Ferreira & Lacerda (1993), Ferreira (1995).
	Duplos e Simples, placa, expansocolapsômetro	Seed et al. (1962), Chen (1965), VARGAS (1973), Jennings e Knight (1975), Vijayverviya e Ghazzaly (1973), Rodriguez Ortiz (1975), Cuellar (1978), Jimenez Salas (1980).
	Ensaio Edométrico de Sucção controlada	Escario (1967 e 1969), Aitchison et al. (1973), Johnson (1978), Mckeen (1980).

Fonte: Louro et al, 2016.

3.1.5 Técnicas de tratamento e melhoria de solos colapsíveis

Para reduzir os efeitos nocivos do recalque de fundações diretas por colapso, deve-se adotar alguma medida de reforço ou melhoria do solo. Segundo Souza (1993), as bibliografias sobre solos colapsíveis apresentam, na sua maioria, casos históricos de ocorrência do colapso e descrevem o comportamento estrutural destes solos. Porém, são poucas que relatam casos de soluções adotadas para utilizá-lo como solo de fundação.

A solução ou estabilização dos solos colapsíveis através de técnicas de reforço e tratamento é de grande importância, principalmente aquelas que conciliem baixo custo com facilidade e rapidez na execução. Existem alguns métodos que podem ser utilizados para minimizar ou eliminar o efeito do colapso do solo e a escolha do método apropriado depende das características do solo colapsível, da estrutura a ser construída, além do custo e praticidade do método.

Mitchell (1968) apresenta um resumo da aplicabilidade de diversas técnicas de melhoramento de solos em função da granulometria do terreno, os principais métodos de estabilização dos solos colapsíveis encontrados são:

- Substituição do Solo: Uma simples solução para estabilização do solo é escavá-lo até a profundidade requerida e remover a camada de solo colapsível. O solo removido pode ser reutilizado, de forma compactada, como solo de fundação. Esta técnica é geralmente aplicada quando a camada de solo colapsível envolvida ocorre em pequenas profundidades (GUSMÃO, 2005).

- Pré-inundação: A técnica de pré-inundação consiste em umedecer o solo, que apresenta comportamento colapsível quando saturado, antes que este seja solicitado devido à construção de uma edificação (GUSMÃO, 2005). A finalidade deste método é minimizar o colapso do solo quando solicitado. Porém, a técnica pode não ser suficiente para prevenir futuros recalques da fundação, uma vez que o colapso pode ter sido causado por uma pressão inferior à sobrecarga que será inserida. Desta forma, a carga adicional imposta pela fundação não é compensada e pode resultar em recalques adicionais após a construção da obra (ROLLINS e ROGERS, 1994).

- Inundação controlada: A técnica de inundação controlada é similar à técnica de pré-inundação, porém, neste caso, a inundação é realizada após a construção da edificação. As quantidades de água devem ser controladas e adicionadas em incrementos iguais. Este método também é utilizado quando a estrutura exibe dano ou inclinação devido aos recalques diferenciais (GUSMÃO, 2005).

- Compactação controlada: Um dos métodos mais práticos e eficientes de minimizar o colapso do solo é por meio da compactação. Esta técnica é utilizada tanto para camadas profundas de solo colapsível quanto para as camadas mais rasas. A compactação pode ser alcançada com o uso de rolos compactadores, colunas de deslocamento, compactação dinâmica e vibrocompactação. No sul da Califórnia (USA), geralmente utiliza-se como técnica de melhoria de solos colapsíveis o método de substituição do solo em que o solo é removido e recompactado. Porém, este processo de compactação é eficiente somente nos primeiros 5 metros de profundidade, com maior melhoria nos primeiros 3 metros (ROLLINS; ROGERS, 1994).

- Colunas de deslocamento: Poucos trabalhos são encontrados na literatura que envolve a inclusão de colunas de deslocamento em solos colapsíveis, para reduzir os efeitos do colapso. O princípio desta técnica baseia-se na transferência do carregamento aplicado no solo colapsível às camadas com maior resistência. As colunas de deslocamento mais comuns na literatura são constituídas de brita, areia, solo cimento, podendo ser encamisadas ou não com materiais geossintéticos. As colunas compactadas com material granular podem servir como drenos, acelerando o adensamento dos solos argilosos, além de compactar o solo circundante, reduzindo o índice de vazios do solo no entorno das colunas (GUSMÃO, 2005).

- Estabilização química: A estabilização química do solo colapsível, por meio de aditivos como silicato de sódio (utilizado em cimentos) e óxido de cálcio, vem sendo estudada há alguns anos e, segundo Mitchell (1981), a estabilização com cálcio e o cimento são eficazes em vários tipos de solo. O método envolve o efeito da cimentação no interior da estrutura do solo e a sua resistência ao colapso quando inundado.

- Tratamento térmico: O método consiste na queima de combustíveis em furos vedados realizados no terreno, sob temperatura controlada, forçando a saída do ar aquecido sob pressão pelos vazios do solo (TSCHEBOTARIOFF, 1978). Os furos são estreitamente espaçados e as temperaturas podem alcançar até 1000°C, produzindo uma coluna de solo estabilizado com diâmetro variando com os espaçamentos adotados entre os furos, geralmente de 1,5 a 2,0 metros.

- Avaliação dos métodos de reforço e tratamento do solo: Rollins e Rogers (1994) realizaram um estudo em Néfi (EUA) para avaliar o custo e a eficácia de alguns métodos de tratamento de solos colapsíveis executados em campo. Foram feitos seis testes, em escala real, com sapatas quadradas de 1,5 m de largura. Os métodos de reforço executado foram: 1) pré-umedecimento com água; 2) pré-umedecimento com solução de silicato de sódio com concentração igual a 2%; 3) escavação parcial do solo e substituição com material granular compactado; 4) compactação dinâmica em solo seco; 5) compactação dinâmica em solo pré-umedecido e 6) solo sem tratamento. A avaliação da melhoria de solo foi feita por meio de testes edométricos duplos, com amostras indeformadas, juntamente com testes de penetração de cone (CPT) e testes pressiométricos.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 LOCALIZAÇÃO

Anápolis é uma cidade próxima de Goiânia, sendo cercada pela BR-153, BR-060, BR-414 e as estaduais GO-222 e GO-330, destaca-se ainda que a cidade também é localizada perto de Brasília, sendo atualmente conhecida como pólo industrial farmacêutico do Brasil, além de vim crescendo na atualidade passando a ser conhecida também como um pólo universitário (PREFEITURA DE ANÁPOLIS, 2017).

Anápolis é a terceira cidade mais populosa da região centro-oeste, conforme dados do divulgados pelo IBGE (2010), tem cerca de 334.613 habitantes, tendo a bacia hidrográfica composta principalmente pelos Rio João Leite, Rio Piancó e o Rio Antas, seu relevo é de grande potencial erosivo e bastante argiloso na maior parte da região, tendo grande potencial de erosões, tem-se ainda na região a substituição da vegetação comum por postos ou construções urbanas, além da pratica de queimadas que proporcionam uma perda de nutrientes do solo, o que contribui para sensibilização do solo (PREFEITURA DE ANÁPOLIS, 2017).

Neste sentido o local analisado no estudo é uma erosão presente na Vila Formosa na Cidade de Anápolis (FIGURA 3) sendo um bairro bastante populoso, tendo comercio, escola e posto de saúde dentro do bairro, o que proporciona certa facilidade e comodidade para os moradores.

Figura 3: Localização da Vila Formosa na Cidade de Anápolis



Fonte: Google Maps-2017

Destaca-se que a região vem sofrendo com um problema de erosão que acontece devido ao solo colapsível, fazendo com que haja movimentações de terras constantes, este local, vem ganhando atenção do poder público visto que o mesmo apresenta risco para a população ocupante da região.

4.2 PROBLEMÁTICA DA REGIÃO

Para iniciar o estudo realizou-se uma visita técnica a Prefeitura de Anápolis, sendo nos apresentado o departamento ligado ao Gabinete do Prefeito que recebe o nome de PROANA¹ que tem como finalidade atender a população averiguar as demandas e elaborar projetos para que os problemas sejam solucionados, buscando formas de adquirir recurso.

Neste sentido, para a implantação de uma obra que fosse considerada eficaz, e para confirmação da existência de colapso no local da Vila Formosa, uma equipe técnica realizou uma análise de solo, aonde uma pequena amostra foi retirada de alguns pontos do local.

Inicialmente a equipe de engenharia nos apresentou alguns dados referentes a erosão existente na região, que são resultados dos solos colapsíveis, sendo nos oferecido o seguinte quadro (TABELA 3) com pontos chaves levantados para o desenvolvimento de projeto voltado para a área em questão, que foram levantadas diante de uma análise no local.

Tabela 3: Estudo do Processo Natural da Erosão da Vila Formosa

DEFINIÇÃO	Solos que sofrem significativa redução de volume quando umedecidos, com ou sem aplicação de carga adicional.
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura fofa • Solo não saturado; • Terra avermelhada.
CONDICIONANTES	<p>NATURAIS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solo saturado. <p>INTERVENÇÕES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obras que provocam a saturação dos solos de fundação; • Presença de rachaduras das estruturas de tubulação de água; • Acumulo residual de lixos
FEIÇÕES INDICATIVAS DE CAMPO	<ul style="list-style-type: none"> • Desnívelamento acentuado entre estruturas e os terrenos adjacentes; • Trincas no terreno, • Trincas em pavimentos e edificações;

¹Programa do Crescimento de Anápolis (PROANA) é um núcleo da Prefeitura de Anápolis formado por 17 profissionais que trabalham exclusivamente com projetos e convênios.

EXEMPLOS DE POSSÍVEIS DANOS

- Afundamentos e formação de cavidades
 - Deslizamentos de terras
 - Desabamentos de edificações;
 - Comprometimento da galeria pluvial,
 - Desgaste na estrutura asfáltica
-

Fonte: Dados Fornecidos pelo PROANA – 2017

A figura 4 a seguir mostra a movimentação de terras que são comuns serem encontradas na região, sendo mais comum na Rua Leopoldo de Bulhões, que de acordo com os dados levantados pelos moradores da região desde a década de 70(FIGURA 5) este é um problema eminente, vem se agravando ao longo do tempo.

Figura 4: Erosão da Rua Leopoldo de Bulhões



Fonte: PROANA – 2017

Figura 5: Erosão DA Vila Formosa na Vila Formosa



Fonte: PROANA (Acervo) – 2017

Em alguns pontos são identificados, como o que ocorre na Avenida Federal (FIGURA 6) que o colapso chegou a níveis drásticos interditando trechos das ruas que cercam

o bairro, sendo proibida a passagem de veículos e pessoas, destaca-se que este problema está atingindo algumas casas da região. Sendo assim identifica-se que quando foi instalar a pavimentação no local, deveria ter realizado um estudo de solo para que assim pudesse identificar a colapso possível no local e assim implantar técnicas que assim fosse realizada uma obra que suprisse as necessidades da região e não viesse a ser um dinheiro público desperdiçado, sendo esta uma política pública ineficaz.

Figura 6: Erosão que corrompeu Avenida Federal



Fonte: PROANA – 2017

Conforme disponibilizado pela equipe de engenharia o uso e ocupação do solo em conjunto com os aspectos físicos da cidade, contribuem para diversos problemas geomorfológicos, relativos as erosões. Pois, a combinação do tipo de solo com a topografia e a quantidade de recursos hídricos da cidade, aliada com a manutenção, uso e ocupação incorretos, culminam na maximização do problema.

Foram indicados ainda que no local existe um problema de lixo (FIGURA 7), aonde a população faz o descarte nas áreas, o que agrava o problema do colapso no solo, devendo ser implantada na região também uma conscientização dos moradores acerca do descarte correto do lixo produzido para que até as medidas ideais sejam tomadas.

Em concordância a isso expõe-se, que entre os achados da visita técnica a equipe de engenharia da prefeitura que fez a análise do solo no local possibilitou identificar qual teria sido o provável mecanismo desencadeador do processo de colapso, tendo sido listados, entre os mais comuns, pela ordem: rupturas nas redes de água e esgoto, rupturas na rede pública de drenagem pluvial, o lixo descartado pela população de forma errada.

Figura 7: Lixo na erosão da Vila Formosa



Fonte: PROANA – 2017

4.3 ANÁLISE DO SOLO

Uma análise geológica do solo da região de Anápolis constatou-se que a área urbana tem a predominância de rochas do Complexo Granulítico, ou seja, são compostas por rochas vulcânicas básicas e ultra-básicas neoproterozoica, ou seja, com formação de mais 1.500 milhões de anos, além de sofrer influência hídrica devido ao Rio Anta (FERNANDES; PEIXOTO, 2015).

Figura 8: Deslizamento de terra em período chuvoso da Vila Formosa



Fonte: CORPO DE BOMBEIRO-2017

Identificou-se que devido a impermeabilização urbana existente na região da Vila Formosa de Anápolis, faz com que o escoamento da água pluvial, sendo o recebimento

superficial nas micro bacias, fazendo com que haja uma concentração de água por baixo das galerias, que tem um aumento de volume provocando a movimentação de Terra (SILVA et al., 2016). Sendo tal afirmativa evidenciada na FIGURA 8, que trata-se do deslizamento de terras que ocorreu no ano de 2017, durante o período chuvoso.

Conforme informação repassada pelo Corpo de bombeiro em uma análise do local, conseguiu identificar que o problema do solo da região da Vila Formosa também pode ser atribuído a galeria de água que se encontra danificadas, fazendo com que o solo fique úmido contribuindo assim para que ocorram deslizamentos de terra (FIGURA 9, 10).

Figura 9: Galeria danificada da Vila Formosa



Fonte: CORPO DE BOMBEIRO-2017

Figura 10: Galeria danificada da Vila Formosa



Fonte: CORPO DE BOMBEIRO-2017

Diante disso Nimer (1989) destaca que na região centro-oeste existe uma definição das estações bem distintas aonde o outono-inverno, é caracterizado por um período seco e a

primavera-verão são caracterizadas pelas chuvas, aonde 70% desse período ocorrem geralmente no mês de março.

Neste sentido, foi identificado na região que existe um sistema de drenagem mas que está regado de falhas, sendo que são necessários reparos que obedecem as normas e técnicas de engenharia para fazer com que este sistema de drenagem se torne eficiente e evite que os colapsos de solos continuem a ocorrer.

A área da vila Formosa, em especial a dos solos colapsíveis, por meio de uma análise Planialtimétrica (FIGURA 11), realizada pelo Corpo de Bombeiros foi possível identificar a existência de curvas e níveis com graus que contribuem para que aconteça tal fenômeno, devendo ser elaborada uma medida para uma melhor maneira de dispensar essa água.

Figura 11: Mapa Planialtimétrica da região de Vila Formosa de Anápolis



Fonte: CORPO DE BOMBEIRO-2017

Em uma análise do solo, sendo que foram coletadas amostra de terras em dois pontos diferentes e distantes, para identificação de níveis de fertilidade e estrutura física do terreno, aonde verificou-se textura da argila, limo e areia e também os extratos sulfúricos, presença de metais, estrutura de construção, presença de água, sendo o resultado apresentado conforme a FIGURA 12. Diante disso, Araújo et al (2012) que alguns desses processos podem sofrer uma variabilidade que estão relacionados ao próprio ecossistema, sendo assim, existe uma variação

de acordo com os processos naturais devido a fatores ambientais climáticos e até mesmo o manejo desses ambientes.

Foi realizada uma análise laboratorial (ANEXO 1) onde o solo em questão é em sua maior parte composto por argila de coloração avermelhada, conhecida como caulinita, em sua maior parte é uniforme, mas em alguns pontos é possível identificar uma macro porosidade justificada pela alta permeabilidade sendo possível ainda notar falta de nutriente.

Conforme pode ser evidenciado na tabela 4 e 5 a seguir níveis de fósforo e potássio podem interferir de forma significativa na argila na qual se forma o solo, aonde o aumento pode ser atribuindo ainda o autor teor desses componentes com a movimentação de terras que ocasionam o colapso, atribuindo ainda tal presença de fósforo e potássio a matérias orgânicos que são dispensados (lixo) na região.

Tabela 5: Presença de fósforos e potássio em argila.

Classe textural do solo	Extrator de fósforo	Classes de teor de fósforo no solo (PPM)		
		Baixo	Médio	Alto
Argilosa (36 a 60%)	Mehlich-1	< 6	6 a 10	> 10
Média (15 a 35%)	Mehlich-1	< 11	11 a 20	> 20
Arenosa (< 15%)	Mehlich-1	< 21	21 a 30	> 30
	Resina	< 16	16 a 40	> 40

Tabela 4: Classe e teores de fósforos.

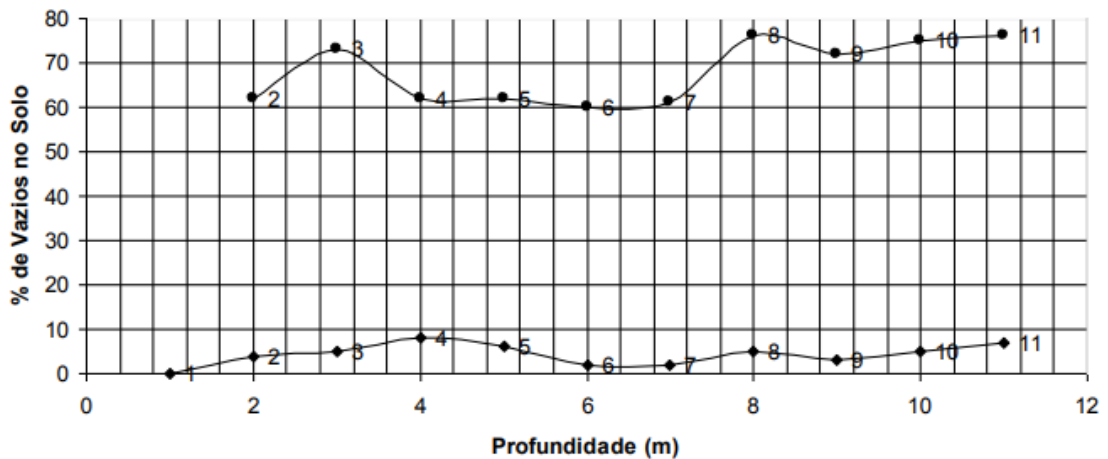
Fonte: COELHO; FRAÇA, 1995.

Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
Argila (%)			Fósforo disponível (P)²		
			(mg/dm³)¹		
60-100	<2,7	2,8-5,4	5,5-8,03	8,1-12,0	> 12,0
35-60	<4,1	4,1-8,0	8,1-12,0	12,1-18,0	> 18,0
15-35	<6,7	6,7-12,0	12,1-20,0	20,1-30,0	> 30,0
0-15	<10,1	10,1-20,0	20,1-30,0	30,1-45,0	> 45,0
P-rem (mg/L)					
0-4	<3,1	3,1-4,3	4,4-6,03	6,1-9,0	> 9,0
4-10	<4,1	4,1-6,0	6,1-8,3	8,4-12,5	> 12,5
10-19	<6,1	6,1-8,3	8,4-11,4	11,5-17,5	> 17,5
19-30	<8,1	8,1-11,4	11,5-15,8	15,9-24,0	> 24,0
30-44	<11,1	11,1-15,8	15,9-21,8	21,9-33,0	> 33,0
44-60	<15,1	15,1-21,8	21,9-30,0	30,1-45,0	> 45,0
			Potássio disponível (K)²		
	<16	16-40	41-70	71-120	> 120

Fonte: ALVAREZ V. et al. (1999).

Ao analisar o solo é possível identifica que a predominância é de argilas são compostas, mas existe uma camada fina de areia media e fina que envolve toda a superfície, na análise de sondagem identificou-se que de 2 à 4 golpes são exclusivos de argila orgânica o que eleva os espaços aviso, juntandocom a presença de 2,0 metros de água, fazem com que os colapsos no solo ocorram, como pode ser observado na figura 12 a seguir:

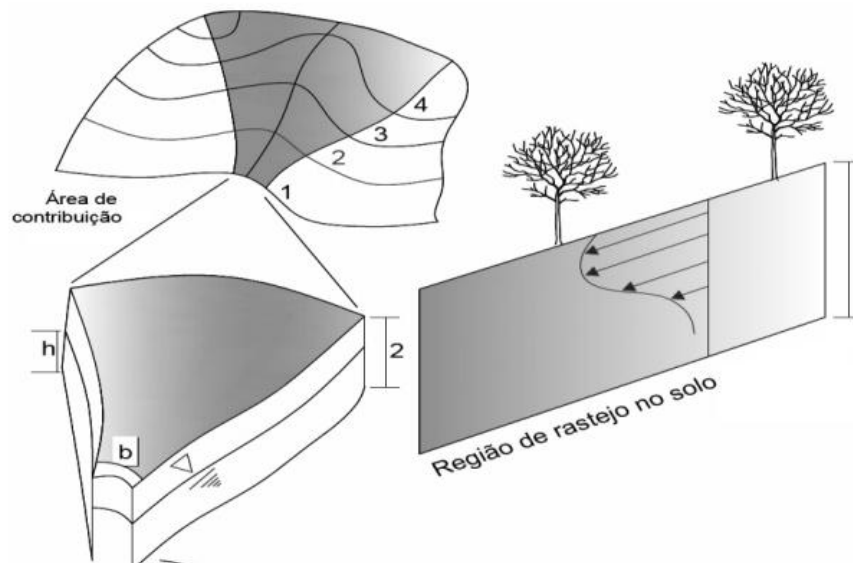
Figura 12: Estudo de solo Vila Formosa de Anápolis



Fonte: CORPO DE BOMBEIRO-2017

Diante disso a evidência os dados geotécnicos confirmam que na área é comum que acontecem deslizamentos (rastejo) de terras, aonde no estudo de 2 metros de solo identificou-se uma argila mole, que promove consequentemente uma baixa resistência e nenhuma segurança na construção que o cerca, conforme pode ser identificado no esquema da figura 13e 15 adiante.

Figura 13: Demonstração de possíveis rastejos na Vila Formosa de Anápolis



Fonte: CORPO DE BOMBEIRO-2017

Figura 14: Ocorrência de rastejo na Vila Formosa de Anápolis



Fonte: CORPO DE BOMBEIRO-2017

Diante disso a declividade do solo contribui para a ocorrência de deslizamento de terras, ou seja, os solos colapsíveis podem ser atribuídas a um mal planejamento da expansão urbana, que não prevê nenhuma proteção a áreas aonde existem regiões com umidade, solo argiloso e regiões que apresentam algumas declividades.

4.4 PROVIDENCIAS QUE SERÃO TOMADAS

Destaca-se que as medidas tomadas até o momento pela Prefeitura foram apenas paliativas, para que não proporcionasse risco à segurança das pessoas que morem ou tramitem pelo local, evitando possíveis acidentes e que devido a movimentação de veículos a problemática pudesse agravar, sendo assim isolaram o trecho da Avenida Federal (FIGURA 15).

Figura 15: Erosão que corrompeu Avenida Federal da Vila Formosa



Fonte: PROANA – 2017

Destaca-se ainda que a Prefeitura de Anápolis por meio do departamento PROANA, tem um projeto a ser desenvolvido no local como forma de solucionar o problema do colapso evidente no local, sendo a área destinada a implantação de um parque ambiental, nos moldes do Parque Ipiranga e no Parque da cidade que se tornou um cartão postal da cidade e que também situado em uma área aonde existiam colapso.

Como pode ser evidenciada na Figura 16, existia no local um Colapso que promovia uma movimentação de terras, ocasionando uma erosão no local, sendo assim como medida definitiva para a solução do problema e voltando para a benfeitoria para a sociedade, se tornando um lugar de lazer e prática de exercício físico como pode ser identificado na Figura 9, destaca-se que para a solução deste problema foram gastos nos 25 mil metros quadrados que envolvem a área 3 milhões de reais, sendo a obra iniciada no ano de 2012 e concluída em 2014.

Figura 16: Local do Parque da Liberdade Antes da Instalação do Parque da Liberdade



Fonte: PROANA (arquivo) – 2017

Os métodos e técnicas de identificação, avaliação ou análise de riscos devem fundamentar a elaboração de programas de gerenciamento, envolvendo uma série de ações de mitigação adequadas a cada situação ou nível de risco. Estas ações de mitigação, também são identificadas como medidas de prevenção e controle, ou de naturezas estrutural e não estrutural (AUGUSTO FILHO, 2001).

Sendo assim os objetivos apontados pela equipe da engenharia para a implantação de um parque ambiental são: eliminar e/ ou reduzir os riscos instalados; evitar a instalação de novas áreas de risco; e conviver com uma área revigorada que se torna de utilidade pública e social.

Figura 17:Parque da Liberdade com Instalação do Parque da Liberdade



Fonte: PROANA (arquivo) – 2017

Diante dos dados levantados, os tipos de danos e obras necessárias à sua recuperação e prevenção de sua ocorrência futura foram estabelecidos em função do levantamento de dados junto aos ocupantes das edificações.

Destaca-se assim que para a área da Vila Formosa como solução para o colapso no solo existente será implantado um parque ambiental nesses conformes, pois já tem uma verba disponibilizada no valor de 3 milhões de reais, disponibilizada pelo Governo Federal por meio do Ministério do Meio Ambiente, este local terá os mesmos moldes do Parque da liberdade, do Parque Ipiranga e do Parque da Cidade, que são locais de grande fluxo de pessoas.

É de suma importância, que sejam elaborados métodos de intervenção com a finalidade de sanar a problemática ou pelo menos amenizar a situação de risco a qual determinada região sofre por processos geológicos, visto que em geral esse tipo de situação compromete a qualidade de tudo que cerca a região (LOLLO, 2008).

Sendo assim é de suma importância análises com o pensamento do estudioso Oliveira (2002) que elaborou, para uma área urbana de Ilha Solteira (SP), sendo umas da pioneira carta de risco de processos de colapso de que se tem notícia por meio de publicações no meio técnico.

4.5 POSSÍVEIS INTERVENÇÕES

Existem algumas medidas que podem ser tomadas para evitar e até mesmo solucionar a problemática dos solos colapsáveis, que Mendonça (1990), destaca serem três

métodos eficazes: Medidas Construtivas; Medidas de Isolamento de agentes causadores de umedecimento do solo e Medidas de tratamento de solo.

Diante de tal afirmativa supracitada as medidas construtivas são aquelas relacionadas a construção que tenham fundações que atinjam as camadas mais profundas que atinjam abaixo do estrato colapsível, considerando o atrito negativo que atinge a camada superior de onde se encontra o Colapso ou ainda a possibilidade de que sejam implantadas fundações flutuantes, podendo ainda fazer a utilização de uma superfície mais rígidas (THORTON; ARULANANDAN,1975).

Já as medidas de isolamento, tem como finalidade diminuir o máximo possível a ocorrência de infiltração de água no solo, aonde serão implantados sistemas de drenagem que irão controlar a passagem de água e esgoto na área coberta e nas áreas não coberta (THORTON; ARULANANDAN,1975).

Dentro das medidas de tratamento, pode ser citada a compactação que faz com que a permeabilidade do solo seja diminuída que aumenta a capacidade de carga sobre o solo sendo o procedimento realizado por rolos, injeção de argamassa de cimento e o umedecimento do solo para que seja realizada uma melhor compactação, ou ainda o uso de estabilização do solo que trata-se de uma forma de enrijecimento por meio de componentes químicos ligantes que irão tornar o solo mais rígidos (ALONSO, 1993).

Neste sentido, salienta-se ainda que existem outros métodos que são utilizados em menor frequência que são a injeção de gases, jet-grouting, injeção de composto molecular, que podem ser definidos como, sendo assim, para a aplicação de uma engenharia no local é preciso que seja analisada de forma criteriosa do solo colapsível, para que deste modo seja levantada uma solução eficaz com uso de menos tempo e menor custo (MENDONÇA, 1990).

Partindo desta perspectiva, aonde é possível uma maior compreensão sobre alguns métodos, diante de uma entrevista realizada com o órgão da Prefeitura de Anápolis, PROANA, foi fornecida a informação de que no local será realizada uma compactação do solo, sendo esta uma medida construtiva, estabilizando assim a problemática do deslizamento de terras.

Foi informado ainda terá uma medida de isolamento com a finalidade de realizar as drenagens da água, pois no local contará com a existência de pista de caminhada, ciclovia,

academia ao ar livre, será feito no local a plantação de grama e árvores típicas da região, sendo que as árvores existentes na região que estão vivas e com raízes permaneceram no local.

Estas árvores que serão mantidas e as novas que farão parte de um reflorestamento no local contribuirão para sistema de drenagem natural da água pois a mesma consome cerca de 250 litros de água por dia, pois suas raízes podem chegar cerca de 1,5 metros de profundidade, promovendo ainda benefícios para o solo devido a cobertura vegetal e ainda pela produção e sequestro de dióxido de carbono (ALONSO, 1993).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente destaca-se que durante a realização da pesquisa existiu algumas dificuldades, visto que alguns dados foram adquiridos durante o período de investigação no departamento nas conversas com os engenheiros sobre o problema do colapso na Vila Formosa, evidência que os dados foram fornecidos em formato PDF pelo departamento PROANA, onde foi explicado oralmente como foi realizada a análise.

Sendo assim dentre os dados fornecidos identificou-se que o solo da região analisada é bastante argiloso, sendo esta uma condição favorável para a ocorrência de colapso, com potencial erosivo e nos ensaios de granulometria foi possível a identificação que o solo existente ali é poroso devido a existência de argila e areia, o que o solo esteja propício a colapso.

Dentro do estudo ficou evidente que os solos colapsíveis da região estudada, estão em tal situação devido a existência de uma estrutura urbana que está envolta do ambiente, que somada a existência de lixo jogado no local, o solo argiloso e a presença de arenosa, faz com que o ambiente da região esteja ainda mais predisposto a tal fenômeno.

Por fim, conclui-se que a Prefeitura de Anápolis está em processo de elaboração do parque que irá ser instalado nas dependências da erosão existentes na Vila Formosa, para que assim fosse colocada uma solução na problemática do solo colapsível.

Nesta perspectiva, em determinados pontos os solos são colapsíveis porque sofrem significativa redução de volume quando umedecidos, com ou sem aplicação de carga adicional, já em outros são possíveis de serem identificadas características de solos de erosão pois existe um processo de desgaste, transporte e sedimentação do solo, dos subsolos e das rochas como efeito da ação dos agentes erosivos, tais como a água, os ventos e os seres vivos.

Neste sentido, o presente estudo servirá de parâmetro para outros estudos relacionados a solo colapsíveis e análise de solo, com a finalidade de contribuir para a literatura e desenvolver mais a temática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V. V. H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 25-32, 1999.

ARAÚJO, G.L.S. **Estudo em laboratório e em campo de colunas granulares encamisadas com geossintéticos**. Tese (Doutorado em Geotecnia). Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de riscos de escorregamentos quantificada em ambiente de SIG como subsídio para planos de seguro em áreas urbanas: um ensaio em Caraguatatuba (SP)**. Rio Claro. 2001 (Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas.)

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de Risco de Escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP**. São Paulo, 1994, 167p. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo.

ALI, N. A. **Performance of partially replaced collapsible soil: field study**. Alexandria Engineering Journal, v. 54. n. 3, p. 527-532, 2015.

CARVALHO, M. F. **Estudo de Solos Colapsíveis do Nordeste de Minas Gerais**. Tese de Mestrado, EESC/USP, São Carlos-SP. 1994.

CERRI, L.E.S. & AMARAL, C. **Riscos Geológicos**. Revista Geologia de engenharia. São Paulo. p. 301-310, 1998.

CERRI, L.E.S. **Subsídios para a seleção de alternativas de medidas de prevenção de acidentes geológicos**. Rio Claro, Tese de Graduação, 2001.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N. **Projeto de fundações em solos colapsíveis**. São Carlos: EESC/USP, 2009.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G. E. **Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n.71, set. 1995. Arquivo do Agrônomo, Piracicaba, n.2, p.1-9, set. 1995.

GUSMÃO, A. D. **Melhoramento de terrenos arenosos**. Capítulo 6. Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco, 2005.

FERNANDES, R.L.G , PEIXOTO, D. Setorização de áreas de risco alto e muito alto em Anápolis – GO. In. 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2015

LESSA, M. A. S. **Influência de índices pluviométricos na umidade de solos tropicais como indicador da sucção aplicado a fundações**. 2005. 213 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia)-Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

LAWTON, E.C.; FRAGASZY, R.J.; HETHERINGTON, M.D. **Review of wetting-induced collapse in compacted soil.** Journal of Geotechnical Engineering, v. 118, n. 9, sep. 1992.

LOBO, A. S.; FERREIRA, C. V.; ALBIEIRO, J. H. **Problemas de fundações em solo colapsível: estudo de casos.** In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS NÃO SATURADOS, *Anais...* Rio de Janeiro, 1977.

MELLO, V. F. B. **Thoughts on soil engineering applicable to residual soils.** Southeast Asian Society of Soil Engineering, 1972

MITCHELL, J. K. **Soil improvement: state-of-art report.** In: 10th International Conference On Soil Mechanics And Foundation Engineering, *Proceedings...* Stockholm, 1981.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil – Região Centro-Oeste.** IBGE. Rio de Janeiro. V. 1, p. 23-34. 1989.

ROLLINGS, K. M.; ROGERS G. W. Mitigation measures for small structures on collapsible alluvial soils. **Journal of Geotechnical Engineering**, v. 120, n. 9, p. 1533 – 1553, 1994.

TRIVEDI, A. SUD, V. K. Collapse **behavior of coal ash.** Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, v. 130, n. 4, p. 403-415, 2004.

TSCHEBOTARIOFF, G. P. **Fundações, estruturas de arrimo e obras de terra.** São Paulo: McGraw-Hill, 1978.

ANEXO 1



SOLOCRIA Laboratório Agropecuário Ltda

Av. Goiás, nº 5.106, Setor Urias Magalhães, CEP: 74 565-250, Goiânia - Goiás - Tel.: 62 3210.1622 - Fax: 62 3210.2816

www.solocria.com.br / solocria@gmail.com

O parceiro certo para o produtor rural

Interessado : PREFEITURA MUNICIPAL ANAPOLIS
Remetente : PREFEITURA MUNICIPAL ANAPOLIS
Município/Uf: /
Propriedade.: FAZENDA SANGRILA

Entrada: 02/09/2016
Emissão: 05/09/2016
Perfil.: BRAQUIARIA

RESULTADOS ANALITICOS

Ident.da Amostra.:			
Nr Laboratorio...: 067732 067733 067734			
Horizonte			
Profundidade			
Calhau	%		
Cascalho	%		
Terra fina	%		
Areia grossa	%	10,0	22,4
Areia fina	%	40,9	38,6
Silte	%	36,1	16,0
Argila (NaOH)	%	13,0	23,0
Argila (H2O)	%	0,0	16,8
Grau floc.	%	100	27
Silte/Argila		2,78	0,70
Dens.do Solo	g/cm3	1,14	1,32
Dens. Real	g/ml	2,76	2,80
Porosidade	%	59	53
Carbono	%	1,10	0,93
Nitrogenio	%		
Relação C/N			
Mat. Organica	%	1,9	1,6
SiO2	%	4,1	6,2
Fe2O3	%	3,1	5,1
Al2O3	%	7,6	12,8
TiO2	%	0,20	0,35
Ki	%	0,92	0,82
Kr	%	0,73	0,66
Al2O3/Fe2O3		3,85	3,94
pH (CaCl2)		8,4	5,1
pH (H2O)			
pH (KCl)			
Delta pH			
Calcio	mE/100ml	6,0	5,7
Magnesio	mE/100ml	0,30	2,30
Potassio	mE/100ml	0,37	0,56
Zinco	mg/dm3	6,30	5,50
Cobre	mg/dm3		
Manganes	mg/dm3		
Ferro	mg/dm3		
Sodio	mg/dm3		
Enxofre	mg/dm3		
Boro	mg/dm3		
Soma Bases	mE/100ml	6,7	8,6
Aluminio	mE/100ml	0,0	0,0
H + Al	mE/100ml	0,3	2,8
CTC	mE/100ml	6,97	11,36
Sat. Bases	%	95,70	75,35
Sat. Al	%	0,00	0,00
Fosforo	ppm	3,7	1,5
Ativ. Arg.	mE/100ml	15,54	31,20
Cond.Eletrica	mS/cm		



Cristiane Rodrigues
Eng. Agrônoma MSc
CREA-GO 08890

Chumbo(mg/dm3).....0.01 Chumbo(mg/dm3).....0.01 Chumbo(mg/dm3).....0.01
Cadmio(mg/dm3).....0.01 Cadmio(mg/dm3).....0.02 Cadmio(mg/dm3).....0.01
Cromo(mg/dm3).....0.30 Cromo(mg/dm3).....0.10 Cromo(mg/dm3).....0.01
Niquel(mg/dm3).....0.01 Niquel(mg/dm3).....0.01 Niquel(mg/dm3).....0.02