



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CLAUDOVAN DE LIMA SOUSA

SOLUÇÕES PARA EDIFICAÇÕES EM SOLOS SATURADOS.

MOSSORÓ

2023

CLAUDOVAN DE LIMA SOUSA

SOLUÇÕES PARA EDIFICAÇÕES EM SOLOS SATURADOS.

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: John Eloi Bezerra, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S725s SOUSA, CLAUDOVAN DE LIMA.

SOLUÇÕES PARA EDIFICAÇÕES EM SOLOS SATURADOS /
CLAUDOVAN DE LIMA SOUSA. - 2023.

31 f. : il.

Orientador: JOHN ELOI BEZERRA.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2023.

1. SOLOS SATURADOS. 2. EDIFICAÇÕES. 3.
PATOLOGIAS. 4. SOLUÇÕES. I. BEZERRA, JOHN ELOI,
orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

CLAUDOVAN DE LIMA SOUSA

SOLUÇÕES PARA EDIFICAÇÕES EM SOLOS SATURADOS.

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 13 de outubro de 2023

BANCA EXAMINADORA

JOHN ELOI
BEZERRA

Digitally signed by JOHN ELOI
BEZERRA
Date: 2023.10.20 21:01:53 -03'00'

John Eloi Bezerra, Prof. Dr. (UFERSA)

Documento assinado digitalmente
 JOAO PAULO MATOS XAVIER
Data: 22/10/2023 15:47:01-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

João Paulo Matos Xavier, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Ary Franck Baia Cordeiro, Eng. Dr. (ROADS Engenharia)
Membro Examinador

Dedico este trabalho a meus pais, Lidelcina Maria de Lima Sousa e Jesus Garcias de Sousa, e minha esposa, Lígila Dayane Araújo Lima, que sempre estiveram comigo, ajudando, apoiando e dando forças para que eu nunca desistisse e continuasse na busca de conquistar todos os meus objetivos e realizando meus sonhos, muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, expresso minha gratidão a Deus por ter permitido que todos esses acontecimentos se desenrolassem, por ter ouvido todas as minhas preces, por ter me concedido forças e por ter mantido minha determinação ao longo desses anos de formação.

Aos meus pais, dedico meu agradecimento por todo o amor, estímulo e apoio emocional que sempre me proporcionaram, por terem estado ao meu lado, apoiando-me ao longo de toda a minha jornada. Eles nunca mediram esforços quando se tratava de minha educação e aprendizado. São o meu alicerce, minha fonte de força e a motivação que me levou até este ponto. Cada conquista, cada nota positiva, cada avanço, é também mérito de vocês.

Minha amada esposa, pois sei que não cheguei até aqui sozinho, pois também tem sido o meu alicerce, que sustentou cada passo desta jornada acadêmica, nos momentos de dúvida, foi o seu apoio incondicional que me deu forças para continuar. Nos desafios e nas horas de cansaço, era a sua voz de incentivo que me impulsionava adiante. Sua paciência, compreensão e carinho foram o suporte que me permitiu focar nos estudos e persistir até o fim, sem fraquejar, pois, sei que sem você ao meu lado, tudo teria sido muito mais difícil.

À confiança depositada na minha proposta de trabalho pelo professor John Eloi, meu orientador, muito obrigado.

À Universidade Federal Rural do Semiárido e a todos os professores do meu curso, expresso minha gratidão pela excelência do ensino oferecido.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação, o meu mais sincero obrigado.

RESUMO

Este trabalho aborda os problemas enfrentados pelas edificações que se encontram em solos saturados, identificando as principais manifestações e danos associados a essa característica do solo, apresentando assim, mecanismos de proteção de forma a preveni-las. Para isso, foi realizado um estudo através de bibliografias que englobam o tema em estudo e posteriormente, foi conduzida uma análise, evidenciando a recorrência dessas patologias construtivas, o que as tornou objeto de estudo central para a fundamentação deste trabalho, dessa forma, foi realizado um levantamento detalhado de cada uma dessas problemáticas, seguido da busca pelo entendimento de suas causas e a proposição de soluções adequadas. A conclusão ressalta a importância de medidas preventivas eficazes, na prática da construção civil, a fim de evitar danos e obter uma maior durabilidade nas edificações, além de, proteger a saúde das pessoas.

Palavras-chave: Solos saturados; Edificações; Patologias; Soluções.

ABSTRACT

This work addresses the challenges faced by buildings located in saturated soils, identifying the main manifestations and damages associated with this soil characteristic. It presents protective mechanisms aimed at preventing these issues. To achieve this, a study was conducted through relevant literature on the subject. Subsequently, an analysis was carried out, highlighting the recurrence of these construction pathologies, making them a central focus for the foundation of this work. A detailed survey of each of these issues was then conducted, followed by an exploration of their causes and the proposal of suitable solutions. The conclusion emphasizes the significance of effective preventive measures in the field of civil engineering to avoid damages and achieve greater durability in constructions, as well as to safeguard the health of individuals.

Keywords: Saturated Soils; Buildings; Pathologies; Solutions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Esquema de Deformação do Solo.....	13
Figura 2	– Fissura em imóvel residencial.....	16
Figura 3	– Erosão causada pela locação da ponte em trecho curvo do rio.....	17
Figura 4	– Processo de corrosão em estrutura de concreto armado.....	18
Figura 5	– Mofo e apodrecimento.....	18
Figura 6	– Eflorescência ou popularmente conhecido como salitre.....	19
Figura 7	– Criptoflorescência.	20
Figura 8	– Bombeamentos diretos ou esgotamento de vala.....	21
Figura 9	– Ponteiros Filtrantes.....	21
Figura 10	– Rebaixamento de Nível Freático por Ponteiros Filtrantes.....	22
Figura 11	– Fundação Superficial e Profunda.....	23
Figura 12	– Fundações Indiretas.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Soluções para edificações em solos saturados.....	28
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. JUSTIFICATIVA	10
1.2. OBJETIVOS	10
1.2.1. Objetivo Geral	10
1.2.2. Objetivos Específicos	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1. SOLO SATURADO	11
2.2. PROCESSO DE SATURAÇÃO E SEUS EFEITOS NAS PROPRIEDADES DO SOLO	11
2.3. PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS	14
3. METODOLOGIA	15
4. EDIFICAÇÕES EM SOLOS SATURADOS: PROBLEMAS E DESAFIOS .	15
5. SOLUÇÕES PARA EDIFICAÇÕES EM SOLOS saturados.....	20
5.1. REBAIXAMENTO DE NÍVEL FREÁTICO.....	20
5.2. FUNDAÇÕES INDIRETAS (PROFUNDAS).....	23
5.3. PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO	25
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

O solo saturado é um estado no qual todos os vazios existentes entre as partículas estão preenchidos por água, não havendo espaço para o ar. Esse fenômeno é frequentemente observado em áreas sujeitas a alta pluviosidade, próximo a corpos d'água, ou em regiões de lençol freático elevado.

A saturação do solo tem implicações significativas na construção civil, onde o comportamento mecânico e as propriedades de resistência do solo podem ser drasticamente alterados quando o solo se encontra saturado, influenciando diretamente na capacidade de suporte das fundações e na estabilidade das estruturas.

A presença de água no solo não apenas impacta diretamente a capacidade de suporte do solo, como também desempenha um papel primordial no surgimento de várias patologias construtivas que afetam as edificações, onde a umidade, por sua vez, é altamente prejudicial à saúde da estrutura e representa um dos desafios mais complexos de serem solucionados no âmbito das ciências da construção civil.

Na construção civil, patologias podem ser descritas como o ramo da engenharia que investiga as origens, sintomas, causas e mecanismos dos defeitos que ocorrem em construções civis. Essas falhas podem se apresentar de várias formas, como fissuras, trincas, infiltrações e danos causados pelo excesso de umidade na estrutura, entre outros. (LAGE, 2012).

Portanto, é imprescindível analisar as patologias relacionadas à umidade, uma vez que essa atenção desde a fase inicial do projeto de uma edificação resultará na prevenção de uma série de complicações futuras.

A inclusão de referências teóricas de alguns autores será de extrema importância para aprofundar o entendimento sobre o tema, considerando o conhecimento já consolidado acerca dos efeitos do processo de saturação nas propriedades do solo e, por conseguinte, em como isso impacta diretamente na integridade das edificações.

Diante disso, abordaremos os principais problemas e desafios enfrentados por edificações sobre solos saturados, provenientes de diversas origens, resultando em diversas consequências adversas e ao final, serão apresentadas soluções práticas e viáveis que permitirão uma abordagem preventiva adequada dessas questões.

1.1. JUSTIFICATIVA

Devido à grande ocupação urbana, é comum deparar-se com a necessidade de construir sobre solos saturados, portanto, é importante realizar um estudo detalhado sobre suas propriedades a fim de identificar possíveis desafios que possam afetar as edificações e a partir dessa análise, discutir e implementar soluções eficazes para aproveitar da melhor forma esse tipo de solo, permitindo uma construção mais eficiente e segura.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Detectar os desafios enfrentados por edificações situadas em solos saturados, compreender suas origens e implicações, e oferecer abordagens práticas e viáveis para lidar com essas questões de maneira efetiva.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analisar as características geotécnicas dos solos saturados;
- Elencar as principais patologias associadas a essas condições adversas do solo nas edificações; e
- Mostrar os principais métodos de proteção com o objetivo de prevenir as patologias originadas pela umidade do solo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. SOLO SATURADO

O solo é constituído por uma grande variedade de partículas em termos de dimensões e formas, as quais coletivamente constituem sua estrutura sólida. Essa estrutura não é maciça, ocupando apenas parte do volume total do solo, caracterizando-se por sua porosidade e, conseqüentemente, pela presença de espaços vazios. (CAPUTO, 1994).

Esses espaços vazios podem estar completamente preenchidos por água, resultando no solo saturado, ou completamente ocupados por ar, resultando no solo seco. Geralmente, na natureza, ocorre uma combinação de ambos, sendo essa a forma mais comum. Em vista disso, podemos afirmar que o solo consiste, de maneira geral, em três fases distintas: sólida, líquida (água) e gasosa (ar). (CAPUTO, 1994).

Quando um solo está saturado, ele perde sua capacidade de suportar cargas adicionais, uma vez que a água nos poros não pode ser comprimida. Isso pode levar a uma diminuição significativa na resistência do solo e a possíveis problemas de estabilidade, especialmente em situações onde a saturação ocorre em solos de baixa permeabilidade, como argilas. (ALMEIDA, 2005).

LIMA *et al* (2006) corrobora quando menciona em sua pesquisa, que vários estudos indicam que a capacidade de carga de um solo está inversamente relacionada com seu teor de umidade.

O teor de umidade do solo é amplamente reconhecido como um fator crucial no processo de compressão e na magnitude das deformações de determinados tipos de solos, a água age como um agente "lubrificante" entre as partículas do solo, facilitando seu deslocamento e esse por sua vez é mais favorecido à medida que o teor de umidade do solo aumenta. (LIMA, et al, 2006).

Ainda segundo o autor o aumento do teor de umidade do solo resulta na diminuição do número de contatos entre as partículas, reduzindo assim as forças de aderência entre elas e, conseqüentemente, diminuindo a capacidade de suporte de carga.

2.2. PROCESSO DE SATURAÇÃO E SEUS EFEITOS NAS PROPRIEDADES DO SOLO

Como já discutido anteriormente a saturação de um solo ocorre quando todos os seus vazios são preenchidos com água, seja por infiltração, onde define-se como o fenômeno de penetração da água nas camadas do solo próximas a superfície do terreno,

movendo-se para baixo, através dos vazios, sob a ação da gravidade, até atingir uma camada suporte, que a retém, formando então a água do solo ou rocha. (SANTOS, 2018).

Podendo ser também por capilaridade, que é uma propriedade do fluído (água), presente no solo, em que este consegue "subir" por interstícios do solo, que são espécies de tubos muitos finos (capilares), alcançando cotas acima da cota do lençol freático. De maneira geral, em solos com granulometria mais fina, como argilas e siltes a ascensão capilar tem valores mais elevados do que em solos arenosos. (MARINHO, 2020).

A capilaridade é um fenômeno de grande relevância, podendo tanto aprimorar as propriedades do solo sob estruturas como também causar danos ao concreto e ao aço quando há presença de íons erosivos. (BALDOVINO et al, 2019).

Esse processo de saturação pode ter efeitos significativos nas propriedades do solo:

a. Redução da Coesão:

O desenvolvimento da coesão entre as partículas do solo é fortemente influenciado pelo teor de água do solo, onde o aumento da coesão com a redução do teor de água tem sido verificado por diversos autores. Verificou-se um aumento da coesão do solo de textura média, quando diminuiu o teor de água no solo, evidenciando o grande efeito da umidade na coesão do solo. A diminuição do teor de água no solo reduz a distância entre as partículas, havendo um consequente aumento da atração entre elas, resultando num acréscimo da coesão do solo. (SILVA e CABEDA, 2005).

b. Redução da Resistência ao Cisalhamento:

A resistência ao cisalhamento aumenta com a redução da umidade. Tem-se a maior resistência do solo ao cisalhamento quando o teor de água é baixo, refletindo a influência das características coesivas e friccionais do solo, devido maiores valores da coesão do solo e do ângulo de atrito interno do solo. (SILVA e CABEDA, 2005).

c. Tensão Efetiva:

A tensão transmitida pelos contatos entre as partículas, é chamada de tensão efetiva (σ'), enquanto a poropressão, é a pressão que a água exerce nos vazios do solo (u), e a tensão normal total num plano qualquer deve ser considerada como a soma de duas parcelas (σ). (CAMPOS, 2015).

A tensão efetiva, para solos saturados, pode ser expressa por:

$$\sigma' = \sigma - u \quad (1)$$

Se considerarmos um conjunto de partículas com os vazios preenchidos por água, ao aumentar a tensão total juntamente com o aumento da pressão da água, as partículas (que são incompressíveis) serão comprimidas devido à pressão da água agindo em toda a sua superfície. Dado que as áreas de contato entre os grãos são extremamente pequenas e ocorrem tanto nos contatos acima quanto abaixo de qualquer partícula, as forças transmitidas às partículas abaixo dela (e aquelas nas quais ela se apoia) não sofrem alterações. Como resultado, a tensão efetiva permanece inalterada. (CAMPOS, 2015).

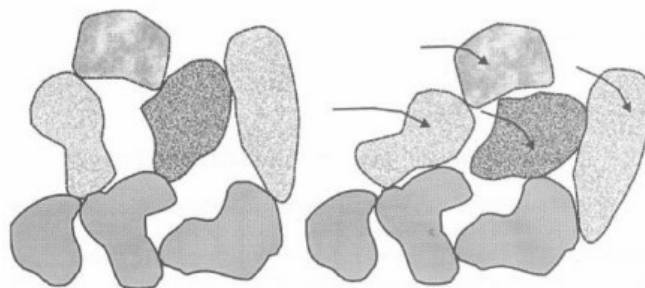
Caso a tensão total em um plano aumente sem um aumento correspondente na pressão da água, as forças transmitidas pelas partículas nos seus pontos de contato se modificam. Isso resulta na mudança das posições relativas dos grãos e, consequentemente, provoca deformação no solo. Nesse caso, o aumento de tensão foi efetivo. (CAMPOS, 2015).

Para todos os efeitos mensuráveis resultantes de variações de tensões nos solos, como compressão, distorção e resistência ao cisalhamento são devidos a variações de tensões efetivas. (CAMPOS, 2015).

d. Deformação do Solo:

As deformações no solo referem-se a alterações na forma ou no volume do conjunto, resultantes do movimento relativo das partículas, conforme ilustrado esquematicamente na Figura 5. (CAMPOS, 2015).

Figura 1 – Esquema de Deformação do Solo.



Fonte: (CAMPOS, 2015).

A compressão das partículas, individualmente, é totalmente desprezível, portanto, compreende-se que as deformações nos solos resultem exclusivamente de variações nas tensões efetivas, que representam a parte das tensões associada às forças transmitidas pelas partículas. (CAMPOS, 2015).

2.3. PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS

Na construção civil, é comum usar o termo "Patologia Construtiva" para descrever os estudos sobre falhas ou irregularidades que surgem ou são encontradas em edificações. Esses problemas se manifestam de várias formas, resultando em danos à estrutura e causando desconforto tanto para os moradores quanto para os construtores da edificação. (APOLINARIO, 2021).

Nenhuma estrutura dura para sempre, pois ao longo do tempo ela se degrada devido à exposição a fatores agressivos como condições climáticas adversas e cargas excessivas, o que resulta em desgaste e no surgimento de problemas nos elementos construtivos. Isso demanda a necessidade de manutenção regular ao longo do tempo. (APOLINARIO, 2021).

Conforme mencionado pelo autor, as anomalias podem surgir de diversas maneiras:

- a) Congênitas, que estão ligadas aos projetos, principalmente da desobediência de normas técnicas, ou de erros e omissões dos projetistas;
- b) Adquiridas, quando ocorrem durante a vida útil dos materiais, sendo resultado da exposição ao meio em que se inserem;
- c) Construtivas, quando a sua origem está relacionada com a fase de execução da obra, resultante do emprego de mão-de-obra desqualificada, produtos não certificados ou ausência de metodologia construtiva, sendo a causa da grande maioria das patologias;
- d) Acidentais, caracterizadas por ocorrência atípica, resultado de alguma ação incomum, como, por exemplo, chuva com ventos com uma intensidade superior ao normal, ações como essas que estão fora de cogitação podem desencadear uma série de problemas, podendo atingir até mesmo a estrutura da edificação, provocando movimentações ocasionando processos patológicos.

Na engenharia civil, a umidade representa um desafio persistente e complexo para os profissionais da área, trata-se de um problema recorrente e notavelmente difícil de ser totalmente solucionado, especialmente devido à sua intrincada complexidade, que está intimamente ligada a questões de falhas na impermeabilização da construção. (BELON, 2019).

BELON (2019), apresenta a umidade como sendo uma das principais causas das manifestações patológicas mais comuns, tais como eflorescência, criptoflorescência, ferrugem, corrosão das armaduras, crescimento de mofo, formação de bolores, manchas e, em casos extremos, pode até ser a causa de acidentes estruturais, todos desencadeados pela presença de água.

3. METODOLOGIA

A abordagem metodológica deste estudo compreende a investigação e descrição das patologias mais frequentemente encontradas em edificações associadas à umidade do solo. Isso implica na análise das origens dessas patologias, assim como nas medidas apropriadas a serem adotadas em relação a elas.

A técnica de levantamento global se baseia no uso de fontes secundárias como livros, artigos, revistas, teses e dissertações. Foram considerados os artigos publicados nos últimos dez anos como base para esta pesquisa, embora algumas obras mais antigas tenham sido incluídas devido à sua relevância e contribuições significativas para o tema em questão.

4. EDIFICAÇÕES EM SOLOS SATURADOS: PROBLEMAS E DESAFIOS

Edificações em solos saturados enfrentam uma série de desafios e problemas específicos devido à presença de água, alguns dos principais problemas, estão relacionados a baixa capacidade de carga do solo que afetam diretamente a função estrutural da construção, que incluem:

a. Perda de Suporte (Liquefação)

A liquefação em solos é um processo no qual os solos perdem uma grande parte de sua resistência por um período geralmente curto, mas suficientemente longo para causar muitas rupturas no solo. Essa redução de rigidez ocorre devido à diminuição progressiva da resistência efetiva dos solos sob a ação de forças transitórias (sejam elas monotônicas, dinâmicas, repetitivas ou cíclicas) em solos não coesivos e em condições não drenadas. (HUERTAS, 2012).

Este fenômeno é comumente observado em depósitos de areias saturadas que, quando submetidos a tensões cisalhantes, apresentam um comportamento contrativo. Essa tendência à diminuição de volume é refletida no aumento progressivo da poropressão, devido à sua condição não drenada induzida. A geração do excesso de

poropressão em condições não drenadas é a característica distintiva de todos os fenômenos de liquefação. (HUERTAS, 2012).

b. Recalque Diferencial

Recalque é o termo utilizado para descrever o movimento vertical descendente de um elemento estrutural. Ele também engloba o recalque diferencial específico, que se refere à relação entre as discrepâncias nos recalques de dois pontos de apoio e a distância entre eles. (CALISTO e KOSWOSKI, 2015).

Nas fundações, o recalque ocorre quando o contato entre a fundação e o solo se rompe, resultando no afundamento da fundação além do previsto inicialmente. Quando esse afundamento ocorre de maneira uniforme em toda a fundação, é denominado recalque total; quando ocorre apenas em uma parte específica, é chamado de recalque diferencial. (CALISTO e KOSWOSKI, 2015).

O recalque representa a principal origem de fissuras e rachaduras em estruturas, especialmente quando se trata de recalque diferencial. Nesse caso, uma parte da construção afunda mais do que outra, gerando esforços estruturais não antecipados e, em casos extremos, podendo levar à falha da edificação. (CALISTO e KOSWOSKI, 2015).

Figura 2 – Fissura em imóvel residencial.



Fonte: (Google Imagens, 2023).

c. Erosão:

A erosão é prevalente em áreas com um fluxo constante de água próximo às fundações, o que resulta no arrastamento de solo e potencial exposição da estrutura. Esse fenômeno é frequentemente observado em estruturas de pontes, em edificações construídas em zonas sujeitas a alagamentos de rios e em situações de ruptura de

tubulações nas proximidades da estrutura. Assim como no caso das infiltrações, esse efeito altera a distribuição de carga da fundação sobre o solo. (MARTINS, 2021).

Figura 3 – Erosão causada pela locação da ponte em trecho curvo do rio.



Fonte: (Google Imagens, 2023).

Há também patologias associadas à saturação do solo, que não apenas têm o potencial de afetar diretamente a integridade estrutural da edificação, mas também exercem um impacto significativo na estética da construção, como por exemplo:

d. Infiltração de Água:

Durante o processo de percolação, que é o movimento subterrâneo da água através do solo, especialmente nos solos saturados ou próximos da saturação, infiltrações em excesso têm o potencial de transportar o solo sob as fundações, gerando vazios na área que comprometem a interação entre o solo e a estrutura, resultando na inadequada transmissão das cargas pelo solo, podendo assim ocasionar recalques na estrutura. (MARTINS, 2021).

Segundo NASCIMENTO (2015), outro desafio associado à infiltração e à presença de água no solo é a corrosão, que é o processo resultante da interação de um material com o meio ambiente, acarretando reações de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não a ações físicas ou mecânicas, levando a destruição do material em questão.

Este processo corrosivo das armaduras constitui uma das principais razões para a deterioração das estruturas de concreto armado, impactando negativamente em sua durabilidade. Isso está diretamente ligado à porosidade da pasta de cimento, aos níveis

de umidade e à agressividade do ambiente em que a estrutura está inserida. (NASCIMENTO, 2015).

Figura 4 – Processo de corrosão em estrutura de concreto armado.



Fonte: (Google Imagens, 2023).

e. Mofo e apodrecimento:

A deterioração da madeira ocorre devido à ação de mofo e bolor. O mofo e o bolor consistem em fungos vegetais, que ao penetrarem na madeira com suas raízes, liberam enzimas ácidas que a degradam. Nas estruturas de alvenaria, também causam danos, ao se fixarem ali, escurecendo as superfícies e, com o tempo, desagregando-as. Por serem organismos vegetais, esses fungos dependem de ar e água para sobreviver. (BERTOLDO e SILVA, 2017).

Figura 5 – Mofo e apodrecimento.



Fonte: (Google Imagens, 2023).

f. Eflorescências (Salitre):

Trata-se da formação de depósitos de sais na superfície das paredes, transportados desde o interior pelo efeito da umidade. As eflorescências resultam em uma aparência indesejável, manchas e até mesmo desprendimento da pintura. Quando ocorrem entre os tijolos e o reboco, o efeito é particularmente prejudicial, levando ao descolamento. (BERTOLDO e SILVA, 2017).

As eflorescências surgem quando a água penetra em uma parede que contenha sais solúveis. Portanto, considera-se a eflorescência como um tipo de dano, seja por alterar visualmente a área onde se manifesta, seja por poder ocasionar danos mais profundos. (BERTOLDO e SILVA, 2017).

Figura 6 – Eflorescência ou popularmente conhecido como salitre.



Fonte: (AUTOR, 2023).

g. Criptoflorescências:

Esse problema é desencadeado pela reação entre a água e os sais, e durante esse processo, os sais desintegrados formam cristais que permanecem no interior da parede ou estrutura. O aumento desses cristais, ou seja, o acúmulo de depósitos de sais, pode resultar em fissuras ou até mesmo na ruptura da parede. (BERTOLDO e SILVA, 2017).

Os sulfatos são os principais responsáveis pela criptoflorescência, pois quando em contato com a água, aumentam significativamente de volume, levando à separação dos materiais, especialmente na superfície. (BERTOLDO e SILVA, 2017).

Figura 7 – Criptoflorescência.



Fonte: (AUTOR, 2023).

5. SOLUÇÕES PARA EDIFICAÇÕES EM SOLOS SATURADOS

5.1. REBAIXAMENTO DE NÍVEL FREÁTICO

Mesmo em construções simples, as escavações para a fundação de um edifício podem requerer a redução temporária ou permanente do nível da água no subsolo, dependendo das condições do lençol freático. Existem três métodos comuns para bombear a água: o uso de ponteiros filtrantes, poços profundos ou o processo a vácuo. (BARBIERI et al, 2014).

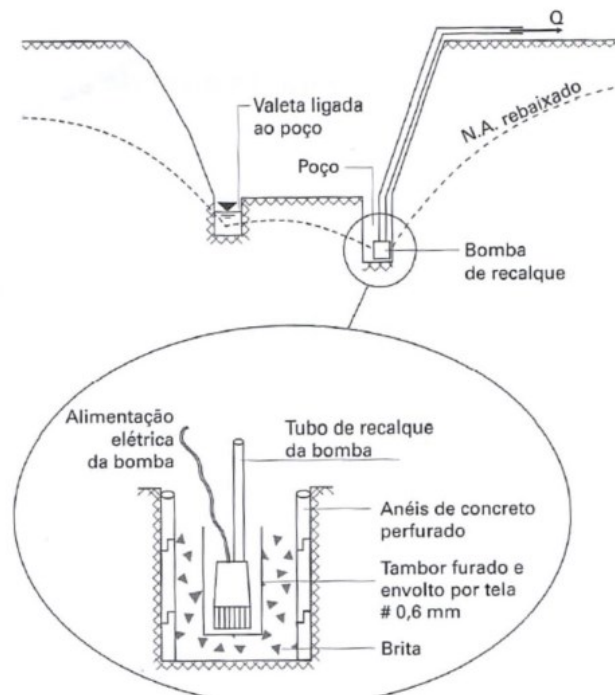
Há diversas técnicas de redução do nível freático disponíveis, como o uso de ponteiros filtrantes, bombeamento direto, sistemas a vácuo, drenagem por eletrosmose, drenos verticais de alívio e drenos horizontais profundos. A escolha entre elas dependerá da avaliação técnica realizada pelo consultor. (BARBIERI et al, 2014).

Os principais fatores a serem considerados no sistema de redução incluem a permeabilidade do solo, a profundidade da escavação, a posição do lençol freático, o tamanho da obra, a duração da redução e as condições das construções vizinhas e suas fundações. (BARBIERI et al, 2014).

a. Bombeamentos Diretos ou Esgotamento de Vala

Este é o método mais básico para reduzir o nível freático. Ele envolve a criação de valas no fundo da escavação, conectadas a um ou mais poços posicionados estrategicamente. A água é coletada nos poços e, ao atingir um certo volume, é bombeada para fora da área de trabalho. (BARBIERI et al, 2014).

Figura 8 - Bombeamentos diretos ou esgotamento de vala.



Fonte: (ALONSO, 2007).

b. Ponteiras Filtrantes (*Well-Points*)

Esse método envolve a instalação de múltiplas ponteiras filtrantes (Figura 23), que são, em sua maioria, tubos de PVC com ranhuras, envoltos por filtros de nylon ou geossintéticos, onde estes são colocados no subsolo ao redor da área a ser rebaixada com espaçamento reduzido entre elas (de 1 a 2 metros), com a finalidade de extrair a água do subsolo através da aplicação de vácuo no sistema. (BARBIERI et al, 2014).

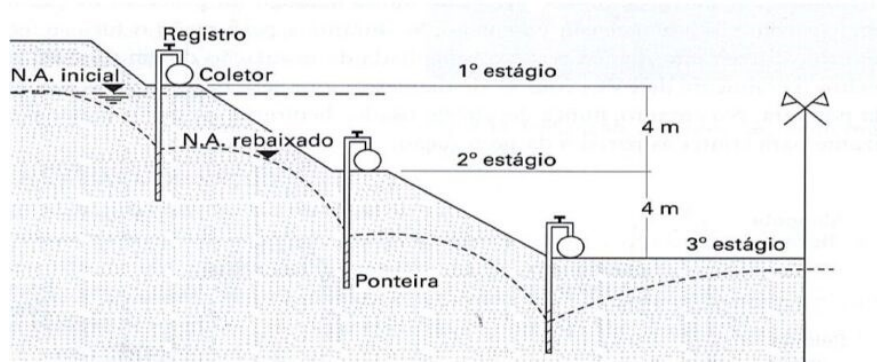
Figura 9 – Ponteiras Filtrantes.



Fonte: (ALONSO, 2007).

Estas ponteiras são conectadas a uma rede coletora através de mangueiras de plástico equipadas com uma válvula de controle.

Figura 10 – Rebaixamento de Nível Freático por Ponteiras Filtrantes.



Fonte: (ALONSO, 2007).

c. Drenagem por Eletrosmose

O Sistema por Eletrosmose é projetado para solos de granulação muito fina, principalmente os argilosos. Para otimizar o processo, é empregada uma corrente contínua, a qual gera um gradiente elétrico adicional que acelera o deslocamento da água presente nos poros do solo. (ALONSO, 2007).

Este método opera com o seguinte princípio: as partículas superficiais dos solos com granulação muito fina, como as argilas coloidais, apresentam uma carga elétrica negativa. Isso resulta na formação de uma camada de água ao redor das partículas, onde predominam íons com carga positiva. (BARBIERI et al, 2014).

Ao inserir dois eletrodos em um solo saturado e estabelecer uma corrente elétrica entre eles, a água presente nos espaços vazios do solo fluirá do ânodo (polo positivo) para o cátodo (polo negativo) e é então removida da escavação através de um sistema convencional de bombeamento. Este método é comumente utilizado para estabilizar solos em taludes e fundos de escavação, embora não seja frequentemente aplicado no Brasil. (BARBIERI et al, 2014).

d. Drenos Verticais de Alívio

Os drenos de alívio têm o propósito de ajudar a diminuir a pressão da água dentro do maciço geológico. (BARBIERI et al, 2014).

e. Drenos Horizontais Profundos

Normalmente, esses drenos são utilizados em conjunto com piezômetros (PZM) ou indicadores de nível d'água (INA) para avaliar sua eficácia ao longo do tempo e monitorar o maciço. Representam uma das soluções mais econômicas para aumentar o coeficiente de segurança em grandes taludes, pois captam águas distantes da face do

talude antes que estas alcancem sua superfície. Uma vez captadas, são direcionadas até o paramento e drenadas para as canaletas. (BARBIERI et al, 2014).

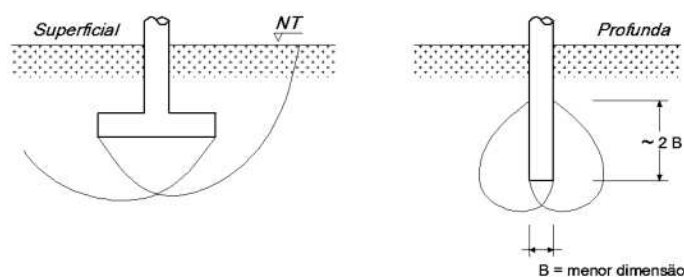
5.2. FUNDAÇÕES INDIRETAS (PROFUNDAS)

A estrutura localizada na parte inferior da edificação, encarregada de facilitar todas as transferências de força, equilíbrio e sustentação com o solo, é denominada fundação. Sua função é manter a construção em perfeita harmonia. Esta porção da estrutura requer um cálculo significativo, adaptado a cada tipo de solo. (DEUS, 2020).

A fundação desempenha um papel crucial no funcionamento de uma construção, sua função primordial é absorver os diversos tipos de carga provenientes da estrutura, como o peso próprio, sobrecargas, ações do vento e empuxos. Além disso, a fundação é encarregada de transmitir os efeitos dessas ações para o solo ou rocha sobre os quais repousa. (ALBUQUERQUE, 2019).

Existem dois tipos de fundações: as superficiais (fundações diretas), também chamadas rasas, e as profundas (fundações indiretas), conforme ilustrado na Figura 2. A escolha entre elas é feita de acordo com as características do terreno. A NBR 6122/2019 é a norma regulamentadora que se baseia nos critérios fundamentais estabelecidos no projeto da edificação para orientar a seleção entre fundações superficiais ou profundas. (CARVALHO, 2015).

Figura 11 – Fundação Superficial e Profunda.



Fonte: (CARVALHO, 2015).

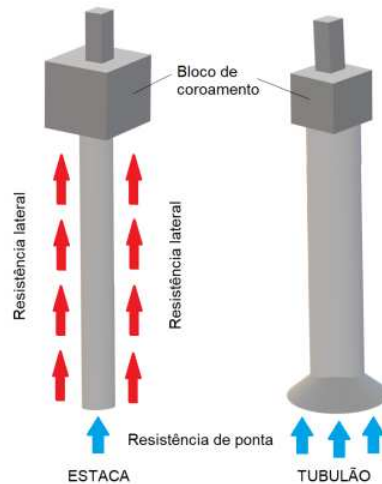
As fundações indiretas, devido às dimensões das peças estruturais, são sempre de caráter profundo. Geralmente, são empregadas em construções de grande porte devido à sua maior capacidade de suporte de carga, sendo também uma opção viável em solos de baixa resistência. (DEUS, 2020).

Conforme estabelecido pela NBR 6122/2019, as fundações profundas transmitem a carga para o solo de três maneiras: através da base (resistência de ponta), pela lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas. Isso ocorre quando a

fundação se assenta a uma profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão plana e a uma distância mínima de 3 metros. (DEUS, 2020).

De acordo com a Figura 4, as Estacas e os Tubulões são os principais tipos de fundações profundas ou indiretas:

Figura 12 – Fundações Indiretas.



Fonte: (Google Imagens, 2023).

a) Estacas:

Segundo CARVALHO (2015) são elemento de fundação executado somente por equipamento ou ferramentas, e durante sua execução não haja descida de operários. Os materiais utilizados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado in loco ou pela combinação dos anteriores.

Em estacas, a capacidade de carga da fundação geralmente depende principalmente da resistência de fuste. Por outro lado, a resistência de ponta desempenha um papel adicional na garantia da segurança da estrutura. No entanto, é importante destacar que essa afirmação não se aplica de forma geral, pois em certos tipos de estacas, a resistência de ponta pode ser o fator predominante na resistência aos esforços que a fundação enfrenta. (CARVALHO, 2015).

b) Tubulão:

Tipo de fundação em que durante sua execução, pelo menos em alguma fase há descida de operários para sua execução, ou para o alargamento de base, ou da limpeza do fuste, visto que neste tipo de fundação as cargas são transmitidas predominantemente pela ponta. Isso faz do tubulão um tipo de fundação que envolve atividades de alto risco para a saúde e segurança dos trabalhadores. Devido a essas particularidades, a execução

de um tubulão tende a ser mais cara em comparação com o uso de estacas, sendo, portanto, escolhida quando outras alternativas não são viáveis. (CARVALHO, 2015).

5.3. PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A impermeabilização é uma etapa essencial no planejamento de uma construção, influenciando diretamente a qualidade e durabilidade da obra. Assim como os projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações, a impermeabilização demanda um projeto específico. Este projeto detalha os materiais e métodos ideais para cada situação na obra. (RIGHI, 2009).

É durante a concepção do projeto arquitetônico que se determina o sistema impermeabilizante mais apropriado, evitando possíveis dificuldades que surgiriam se fossem tratadas após a conclusão da construção. (RIGHI, 2009).

Ainda segundo RIGHI (2009), o projetista de impermeabilização deve entrar no processo de planejamento da obra simultaneamente ao início dos estudos do arquiteto. Nesta fase inicial, é fundamental incorporar certos conceitos básicos no projeto, tais como:

- Posicionamento da camada de impermeabilização na configuração do sistema;
- Previsão de acabamentos e terminações que possibilitem a manutenção futura;
- Os benefícios que outros projetos complementares, como os de climatização, isolamento térmico, paisagismo, entre outros, podem obter a partir do dimensionamento e posicionamento adequados da impermeabilização;
- Benefícios podem ser obtidos pelo projeto de instalações hidrossanitárias devido à distribuição mais eficiente e coordenada de pontos de escoamento e/ou calhas.

Observa-se que, apesar da impermeabilização ser uma parte essencial do projeto, na maioria dos casos, as construtoras só dão a devida atenção a ela no final da obra, o que muitas vezes é tarde demais. A ausência de planejamento detalhado e a improvisação resultante são responsáveis por uma grande quantidade de falhas. (RIGHI, 2009).

Os melhores resultados e benefícios são obtidos quando há uma troca de informações entre os projetistas desde as fases iniciais do projeto. Esses resultados se refletem em economia, segurança e qualidade, a falta de um projeto específico de impermeabilização é responsável por 42% dos problemas, tendo uma influência significativa na execução e fiscalização dos serviços relacionados à impermeabilização. (RIGHI, 2009).

Conforme explica RIGHI (2009) os principais fatores que devem ser levados em consideração são: pressão hidrostática, frequência de umidade, exposição ao sol, exposição a cargas, movimentação da base e extensão da aplicação, as diretrizes para a escolha do sistema de impermeabilização devem ser:

- Cumprir com os requisitos de desempenho;
- Promover a máxima eficiência construtiva;
- Favorecer a máxima facilidade de construção;
- Garantir a compatibilidade do sistema de impermeabilização com os outros subsistemas, elementos e componentes do edifício;
- Manter um custo alinhado com o projeto;
- Assegurar a durabilidade do sistema.

Ao selecionar um sistema de impermeabilização, é crucial não apenas levar em conta o custo da camada impermeável, mas também os custos das outras camadas que compõem o sistema, bem como os custos de uso e manutenção.

RIGHI (2009) destaca que, a facilidade de execução, a produtividade e o método construtivo são os parâmetros essenciais a serem considerados na escolha do sistema impermeabilizante, pois estão diretamente ligados às características de execução da impermeabilização.

Os sistemas de impermeabilização disponíveis apresentam distinções em termos de concepção, princípio de funcionamento, materiais e técnicas de aplicação, entre outros aspectos. Essas divergências constituem a fundamentação para diversas classificações, as quais facilitam a compreensão e comparação dos sistemas disponíveis no mercado brasileiro. (RIGHI, 2009).

Os sistemas impermeabilizantes podem ser categorizados como rígidos e flexíveis, sendo essa distinção associada às partes da construção sujeitas ou não a fissuras. (RIGHI, 2009).

a. Impermeabilização Rígida

A impermeabilização rígida é definida como o conjunto de materiais ou produtos aplicáveis em partes da construção que não estão sujeitas à fissuração. Os impermeabilizantes rígidos não interagem com a estrutura, o que implica na exclusão de áreas expostas a grandes variações de temperatura.

- **Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo:** são aditivos impermeabilizantes de pega normal, reagindo com o cimento durante o processo de hidratação. São compostos de sais metálicos e silicatos.
- **Cristalizantes:** são impermeabilizantes rígidos formulados a partir de cimentos especiais e aditivos minerais. Eles possuem a capacidade de penetrar os capilares da estrutura de forma osmótica, gerando a formação de um gel que cristaliza, integrando ao concreto compostos de cálcio que são estáveis e insolúveis.
- **Cimento impermeabilizante de pega ultrarrápida:** o produto consiste em uma solução à base de silicato modificado. Quando combinado com água e cimento, que é conhecido por sua alta alcalinidade, transforma-se em hidrosilicato. Suas características fundamentais incluem a formação de um cristal insolúvel em água, capaz de preencher os poros da argamassa.
- **Argamassa polimérica:** são materiais constituídos por cimentos especiais e látex de polímeros, aplicados na forma de pintura sobre o substrato. Isso resulta na formação de uma película impermeável com excelente aderência, assegurando a impermeabilização contra pressões d'água tanto positivas quanto negativas.

b. Impermeabilização Flexível

A impermeabilização flexível abrange o conjunto de materiais ou produtos destinados às partes construtivas susceptíveis a fissuras, e pode ser de dois tipos: moldada no local, conhecida como membrana, ou pré-fabricada, referida como manta.

- **Membrana de polímero modificado com cimento:** Este produto flexível é recomendado para a impermeabilização de torres de água e reservatórios de água potável, sejam eles elevados ou apoiados em estruturas de concreto armado. Pode ainda incorporar fibras de polipropileno para aumentar sua flexibilidade. O sistema é composto por resinas termoplásticas e cimento aditivado, culminando na formação de uma membrana de polímero com modificações de cimento.
- **Membranas asfálticas:** são membranas que usam como materiais impermeabilizantes produtos derivados do CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo).
- **Membrana acrílica:** Trata-se de um impermeabilizante desenvolvido a partir de resinas acrílicas dispersas, sendo recomendado para a impermeabilização exposta de lajes de cobertura, marquises, telhados, pré-fabricados e outras estruturas similares.

- **Mantas asfálticas:** As mantas asfálticas, classificadas como membranas asfálticas pré-fabricadas, são produzidas a partir de asfaltos modificados com polímeros e reforçadas com materiais estruturantes especiais. O desempenho dessas mantas está diretamente relacionado à combinação desses dois elementos. O asfalto modificado, presente na composição da manta, é o componente responsável pela impermeabilização.
- **Manta de PVC:** A manta de PVC tem uma semelhança com um tapete de borracha e é empregada principalmente em piscinas, reservatórios de água, cisternas e caixas d'água, independentemente do formato ou tipo, além de ser utilizada em coberturas, tanto planas quanto curvas.

Em síntese, foi elaborada uma tabela (Tabela 1) que correlaciona as principais problemáticas encontradas em edificações situadas em solos saturados, suas respectivas causas, danos associados e as soluções propostas nesta pesquisa, que tem o propósito de prevenir a ocorrência dessas patologias.

Tabela 1 – Soluções para edificações em solos saturados.

PATOLOGIAS	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	FORMAS DE PREVENÇÃO
Recalques	O contato entre a fundação e o solo se rompe.	Fissuras e rachaduras na estrutura.	Fundações profundas (Transmissão das cargas da edificação para camadas mais profundas e mais resistentes do solo).
Infiltração de água	É a penetração (indesejável) de água nas construções.	Corrosão da armadura.	
Mofo e apodrecimento	Fungos.	Escurecimento das superfícies e desagregação.	Impermeabilização (Evita a penetração ou passagem indesejada de água ou outros líquidos em elementos construtivos, como fundações, lajes, paredes e pisos).
Eflorescências (Salitre)	Depósitos de sais na superfície das paredes.	Aparência indesejável, manchas e desprendimento de pintura.	
Criptoflorescências	Reação entre a água e os sais.	Fissuras ou até mesmo ruptura da parede.	

Fonte: (AUTOR, 2023).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram estudados os desafios que as obras enfrentam em solos saturados, assim como, foi explanado possíveis soluções para esses problemas, realizando uma análise breve e caracterização do que define um solo saturado, que por sua vez, apresenta capacidade de suporte reduzida, desaconselhando-se a implantação da fundação diretamente sobre ele, pois isso pode resultar em recalques diferenciais, que têm o potencial de prejudicar a integridade funcional da estrutura.

Além das questões de capacidade de suporte reduzida em solos saturados, foram analisadas as patologias associadas à umidade do solo que são comuns na construção civil. Essas patologias podem causar uma variedade de danos, resultando em custos substanciais para reabilitação e reparo, que poderiam ser prevenidos por meio da implementação de medidas preventivas adequadas.

É crucial que os profissionais da construção civil tenham uma compreensão abrangente dos processos de infiltração de água e umidade nas edificações, isso permite analisar os fatores atuantes e, conseqüentemente, proporcionar um prognóstico e diagnóstico preciso.

Isso, por sua vez, viabiliza a seleção da solução mais eficaz e sua execução de maneira apropriada e correta, sempre com o objetivo de alcançar a resolução mais adequada para o problema em questão.

Conclui-se que a maioria das manifestações de problemas muitas vezes resulta de falhas durante a fase de execução, portanto, entende-se que a melhor forma é prevenir, a adoção de medidas preventivas contra as patologias causadas pela umidade não apenas se mostra mais eficaz e econômica, mas também assegura maior segurança e durabilidade à estrutura.

Este estudo pode estimular novas pesquisas e trabalhos acadêmicos, uma vez que cada classificação apresentada possui um escopo e detalhes técnicos que podem servir como um campo específico de investigação.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Douglas. **TIPOS DE FUNDAÇÕES: QUAL A IMPORTÂNCIA EM UMA OBRA E COMO ESCOLHER O MAIS ADEQUADO**. IPOG, 2019. Disponível em: <<https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/tipos-de-fundacoes/#:~:text=A%20funda%C3%A7%C3%A3o%20tem%20papel%20essencial,vento%20e%20empuxos%2C%20por%20exemplo.>> Acesso em: 12 de set. de 2023.
- ALMEIDA, G. C. P. **CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS**. Universidade federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora – MG. p.145. 2005.
- ALONSO, Urbano Rodriguez. **REBAIXAMENTO TEMPORÁRIO DE AQUÍFEROS** – São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- APOLINARIO, J. P. F. **INVESTIGAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS NO MUNICÍPIO DE TIBAU/RN**. TCC, Curso Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró – RN. p.40. 2021.
- BALDOVINO, J. J. A.; MOREIRA, E. B.; IZZO, R. L. S. **FUNDAMENTOS DE ASCENSÃO CAPILAR EM SOLOS NÃO SATURADOS: TEORIA E ENSAIOS DE LABORATÓRIO**. GEOCENTRO, Brasília – DF, p.12. 2019.
- BARBIERI, F. et al. **PRINCIPAIS TÉCNICAS PARA REBAIXAMENTO DE NÍVEL FREÁTICO**. Enaproc, v. 1, n. 1, 2014.
- BELON, Karine. **PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS OCASIONADAS PELA UMIDADE: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**. SIMPÓSIO PARANAENSE DE PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES. 4º, Florianópolis–SC, p. 112-123, 2019.
- BERTOLDO, M. S. M.; SILVA, M. R. **ANÁLISE E TRATAMENTO DE PATOLOGIAS CAUSADAS POR INFILTRAÇÕES EM CONSTRUÇÕES**. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis – GO, p. 55. 2017.
- CALISTO, A.; KOSWOSKI, R. **EFEITO DO RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÕES EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO. ESTUDO DE CASO**. TCC, Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba – PR, p. 35. 2015.
- CAMPOS, Marco Túlio Pereira de. **TENSÕES NO SOLO**. 2015. p.11. Notas de aula.
- CAPUTO, H. P. **MECÂNICA DOS SOLOS E SUAS APLICAÇÕES**. Livros Técnicos e Científicos, São Paulo, 1994.
- CARVALHO, M. D. **FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE FUNDAÇÃO SUPERFICIAL DO TIPO SAPATA ISOLADA E RADIER LISO EM OBRA DE EDIFICAÇÃO**. TCC, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Santa Rita – FaSaR. Conselheiro Lafaiete – MG, p. 91. 2015.

DEUS, L. K. V. **TIPOS DE FUNDAÇÕES**. TCC, Curso de Engenharia Civil, Universidade de Taubaté. Taubaté – SP, p. 49. 2020.

HUERTAS, J. R. C. **PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE NÃO-LINEAR PARA PREVISÃO DE RESPOSTA SÍSMICA EM GEOESTRUTURAS**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 344. 2012.

LAGE, A. D. B. **PATOLOGIAS ASSOCIADAS À UMIDADE SOLUÇÕES AO CASO CONCRETO**. Monografia, Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG. p. 53. 2012.

LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T.P. **ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE SUPORTE DE CARGA DO SOLO A PARTIR DA AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, p. 217-223, 2006.

MARINHO, Filipe. **CAPILARIDADE: O QUE É E SUA IMPORTÂNCIA NO SOLO**. Guia da Engenharia, 2020. Disponível em: < Capilaridade: o que é e sua importância no solo! – Guia da Engenharia> Acesso em: 14 de set. de 2023.

MARTINS, Marllon. **RECALQUES EM FUNDAÇÕES: CAUSAS E MONITORAMENTO**. ALG Arquitetura e Engenharia, 2021. Disponível em < <https://www.algarqeng.com/post/recalques-em-funda%C3%A7%C3%B5es-causas-e-monitoramento#:~:text=A%20eros%C3%A3o%20%C3%A9%20comum%20em,de%20tubula%C3%A7%C3%B5es%20pr%C3%B3ximas%20a%20estrutura.>> Acesso em: 19 de set. de 2023.

NASCIMENTO, F. B. C. **CORROSÃO EM ARMADURAS DE CONCRETO**. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS, v. 3, n. 1, p. 177-188, 2015.

RIGHI, G. V. **ESTUDO DOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO: PATOLOGIAS, PREVENÇÕES E CORREÇÕES-ANÁLISE DE CASOS**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria – RS, p. 95. 2009.

SANTOS, Márcio José dos. **INFILTRAÇÃO**. Clima e Água, 2018. Disponível em: <<http://professormarciosantos3.blogspot.com/2018/03/infiltracao.html#:~:text=Define%20dse%20infiltra%C3%A7%C3%A3o%20como%20o,%C3%A1gua%20do%20solo%20ou%20roch.>> Acesso em: 14 de set. de 2023.

SILVA, Apolino José Nogueira da; CABEDA, Mário Sérgio Vaz. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo na coesão, resistência ao cisalhamento e óxidos de Fe, Si e Al em solo de tabuleiro costeiro de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 447-457, 2005.