

UNIEVANGÉLICA – CAMPUS CERES

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**GUILHERME SCALABRINI DE ARAÚJO
RAYANE CÂNDIDO DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR DEVIDO A
RECALQUES DIFERENCIAIS**

PUBLICAÇÃO N°:

CERES / GO

2020

**GUILHERME SCALABRINI DE ARAÚJO
RAYANE CÂNDIDO DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR DEVIDO A
RECALQUES DIFERENCIAIS**

PUBLICAÇÃO Nº:

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

ORIENTADORA: Ma. JÉSSICA NAYARA DIAS

CERES / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

ARAÚJO, GUILHERME SCALABRINI DE;

OLIVEIRA, RAYANE CÂNDIDO DE.

Análise das Patologias em uma Edificação Unifamiliar Devido a Recalques Diferenciais.

20 P, 297 mm (UniEVANGÉLICA, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Patologias na construção civil

2. Recalque diferencial

3. Interação solo-estrutura

4. Recalque de fundações

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, G. S, OLIVEIRA, C. O. Análise das Patologias em uma Edificação Unifamiliar Devido a Recalques Diferenciais. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Ceres, GO, 20p. 2020.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Guilherme Scalabrini de Araújo, Rayane Cândido de Oliveira.

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise das Patologias em uma Edificação Unifamiliar Devido a Recalques Diferenciais.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

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.

Guilherme Scalabrini de Araújo
76300-000 - Ceres/GO - Brasil

Rayane Cândido de Oliveira
76360-000 - Itapaci/GO - Brasil

**GUILHERME SCALABRINI DE ARAÚJO
RAYANE CÂNDIDO DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR DEVIDO A
REALQUES DIFERENCIAIS**

**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:

Professora Ma. Jéssica Nayara Dias

Orientadora – UniEVANGÉLICA Campus Ceres

Professor Me. Charles Lourenço de Bastos

Examinador interno – UniEVANGÉLICA Campus Ceres

Professor Me. Vilson Dalla Libera Junior

Examinador interno – UniEVANGÉLICA Campus Ceres

CERES/GO, 22 de junho de 2020

ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR DEVIDO A RECALQUES DIFERENCIAIS

Guilherme Scalabrini de Araújo¹

Rayane Cândido de Oliveira²

Jéssica Nayara Dias³

RESUMO

A identificação e o acompanhamento de problemas patológicos em uma edificação são essenciais para se obter um melhor desempenho, durabilidade e segurança da mesma. Dentre as causas de patologias em uma edificação, pode-se destacar às originadas do recalque diferencial. Ao se inserir carga em uma fundação, automaticamente, ela irá sofrer recalque, independente do solo, a questão é o tempo com que esse recalque irá se manifestar. Nesse sentido, o objetivo do presente artigo foi a realização de uma análise de uma edificação na cidade de Ceres – GO, mostrando as principais manifestações decorrentes do recalque diferencial de fundações, e apresentando as causas para tal ocorrência, baseando-se em um levantamento bibliográfico de casos semelhantes. Para tanto, utilizou-se a estrutura básica proposta por Lichtenstein (1986), onde o autor divide a forma de atuação prática em 3 etapas, que são: o levantamento de subsídios, o diagnóstico da situação e a definição da conduta. Após a análise, chegou-se à conclusão da extrema importância da investigação do solo e da interação solo-estrutura. Além disso, o monitoramento de um profissional qualificado é essencial para garantir um melhor desempenho e durabilidade estrutural.

Palavras-chave: Fundação. Interação solo-estrutura. Patologias. Recalque diferencial.

¹ Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: guilherme.scalabrini@hotmail.com

² Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: rayane_candido@hotmail.com

³ Mestra em Integridade de Materiais da Engenharia – UnB, professora do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: jessicadias.engenharia@gmail.com

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Desempenho Estrutural.....	6
2.2 Patologias na Construção Civil.....	6
2.3 Recalque de Apoio.....	6
<i>2.3.1 Inspeção e Diagnóstico de Recalque de Fundação.....</i>	<i>7</i>
<i>2.3.2 Danos Causados por Recalques.....</i>	<i>8</i>
3 METODOLOGIA PARA O ESTUDO DE CASO	10
3.1 Levantamento de subsídios	11
3.2 Diagnóstico da situação	11
3.3 Definição de conduta.....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1 Identificação dos problemas referentes ao recalque diferencial.....	11
4.2 Reconhecimento geral das condições locais e identificação das causas das patologias	14
<i>4.2.1 Deficiência na investigação geotécnica</i>	<i>15</i>
<i>4.2.2 Influência da vegetação.....</i>	<i>15</i>
<i>4.2.3 Rebaixamento de lençol freático</i>	<i>15</i>
4.3 Possíveis soluções para os problemas encontrados	16
<i>4.3.1 Soluções para deficiência na investigação geotécnica</i>	<i>16</i>
<i>4.3.2 Soluções para Influência da vegetação.....</i>	<i>16</i>
<i>4.3.3 Soluções para o rebaixamento de lençol freático</i>	<i>17</i>
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	17
REFERÊNCIAS	18

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, o desenvolvimento e a tecnologia vêm sendo aprimorados para proporcionar maior desempenho e melhor qualidade, para que o homem, dentre suas limitações, possa construir de acordo com a necessidade do edifício e em equilíbrio com o meio ambiente (SOUZA E RIPPER, 1998). Uma edificação pode ser designada por qualquer instalação que tenha como propósito final servir tanto de abrigo para o homem, como para que ele possa desenvolver suas atividades.

O processo construtivo é composto por várias etapas, como: ideias iniciais, planejamento prévio, projeto, fabricação dos materiais para uso no canteiro de obras, execução das partes componentes da edificação e uso. Durante cada etapa construtiva podem ocorrer erros ou descuidos, que poderão se manifestar a curto, médio ou longo prazo. O gerenciamento desses processos e a melhoria constante através do controle de qualidade e desenvolvimento de novas tecnologias e técnicas são desafios constantes na engenharia civil (HELENE, 2003).

De acordo com Souza e Ripper (1998), na construção civil o termo patologia tem como finalidade estudar as origens, manifestações, causas, consequências e os mecanismos de ocorrência de situações que podem comprometer o desempenho de uma edificação, tanto no aspecto da segurança como na satisfação do usuário. O que de fato interfere nas causas e proporções das patologias são: a inadequada ou falta de avaliação do solo (sondagem), utilização de materiais de má qualidade a fim de reduzir custos, contratação de mão de obra desqualificada e erro de cálculo estrutural. Além disso, a falta de acompanhamento, bem como ausência de fiscalização e orientação do trabalho a ser feito pelo engenheiro da obra (MACEDO, 2017).

Há também patologias ocasionadas na construção que independem diretamente do profissional, como por exemplo: variação da umidade, agentes biológicos, agentes atmosféricos, variações térmicas, incompatibilidade de materiais, dentre outras. Porém, com o avanço tecnológico e de diversidades de materiais no mercado, está mais fácil achar soluções ou formas para amenizar tais problemas. De modo geral, as patologias funcionam como uma forma de prevenção ao que pode acontecer, pois funcionam como um sintoma que mostra onde está o causador do problema, podendo buscar uma solução viável.

Quando se trata de inserir carga em uma fundação, automaticamente, ela irá sofrer recalque, independente do solo. Sendo assim, encontram-se divergências quanto ao tempo em que ele irá se manifestar, pois ocorre imediatamente, após inserir o carregamento e, em parte, com o decorrer do tempo. Portanto, antes de fazer o projeto estrutural, é de fundamental importância realizar um devido estudo do solo de acordo com a necessidade que ele propõe. De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010) recalque é o movimento vertical descendente de uma fundação. Quando esse movimento for ascendente, denomina-se levantamento.

Diante do exposto, é possível observar que se faz necessário o estudo de como evitar que ocorra um recalque diferencial, e quais as patologias que ele desenvolve. É imprescindível que o diagnóstico seja realizado com técnicas adequadas de reabilitação que reponham, além da estética, a resistência mecânica da estrutura, com o intuito de sistematizar as causas, origens e mecanismos das patologias decorrentes do recalque diferencial.

Diante do exposto, este artigo apresenta um estudo de caso em uma edificação unifamiliar localizada na cidade de Ceres – GO, a fim de identificar as patologias provenientes de recalques diferenciais de fundação, mostrando as possíveis causas que levaram a essas patologias. A análise e definição dos problemas foi pautada em pesquisas bibliográficas em artigos publicados, normas e demais materiais técnicos pertinentes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Desempenho estrutural

A vida útil (VU) de uma edificação, a fim de atender os requisitos de desempenho, estão de acordo com a finalidade e uso estabelecido para determinado edifício. Além disso, deve ser considerada a periodicidade e correta execução das manutenções indicadas no Manual de Uso, Operação e Manutenção. Entretanto, muitos fatores interferem na vida útil projetada, sendo algumas: a qualidade dos materiais empregados na construção, alterações climáticas, níveis de poluição nas proximidades do terreno a ser construído, o uso adequado e indicado para determinada edificação, manutenção nos respectivos tempos, além de mudanças no entorno da obra ao longo do tempo (KELCH, 2016).

Além disso, Kelch (2016) diz que, a vida útil de uma edificação (não pode ser confundida com prazo de garantia legal e certificada) será composta não apenas pelo valor teórico de “Vida Útil”, mas também por influências de questões climáticas, da utilização, tamanho e complexidade funcional da edificação, da manutenção e do que se constrói nas proximidades (vizinhança, expansão urbana).

A NBR 15575 (ABNT, 2013) esclarece que, diferentemente da vida útil, a Vida Útil de Projeto (VUP) é uma estimativa teórica de tempo que compõe a durabilidade da edificação. Ela requer um período estimado de tempo para toda edificação ao ser projetada, a fim de atender os requisitos que a norma estabelece. Leva-se em conta que os requisitos aplicados serão atendidos, bem como o cumprimento da periodicidade estabelecida e a execução dos processos de manutenção em acordo com os Manuais de Uso, Operação e Manutenção.

A avaliação de desempenho faz análises ao sistema construtivo para saber se estão sendo cumpridas as funções propostas, bem como feitas as adequações ideais, independentemente da solução técnica adotada. Para alcançar esta finalidade, é feita uma investigação no desempenho, onde exige-se um amplo conhecimento específico sobre os vários aspectos funcionais de uma edificação, além de ter domínio sobre técnicas construtivas, materiais e exigências de usuários (ABNT NBR 15575, 2013).

2.2 Patologias na construção civil

As manifestações patológicas que ocorrem em uma edificação agridem às vistas da população, alteram a integridade do imóvel, ferem o conceito de habilidade e interferem na imagem da engenharia e arquitetura. O estudo das patologias na construção civil visa analisar, juntamente com normas técnicas e pontuando as origens das manifestações, as causas e mecanismos responsáveis pelas ocorrências que atingem não só a parte estética de uma edificação, mas também aspectos estruturais (CREMONINI, 1988).

A NBR 5674 (ABNT, 1999) – Manutenção de Edificações, diz que as edificações fornecem um valor social, devido ao fato de abrigarem e serem o local onde serão realizadas todas as atividades produtivas do indivíduo. Além disso, a edificação deve oferecer aos seus usuários uma certa durabilidade, sem a alternância das propriedades iniciais dentro de um determinando tempo e condições de resistência a agentes ambientais.

2.3 Recalque de apoio

Há vários métodos propostos por estudiosos para desenvolvimento e análise da interação solo-estrutura, com intuito de evitar que ocorra o recalque. Um dos principais fatores que devem ser observados é quanto ao tipo de fundação, que deve ser adequada em cada projeto em função do tipo do solo presente. De acordo com Velloso e Lopes (2011), as fundações são classificadas como: fundações superficiais (também conhecida como rasa ou direta) e fundações profundas.

Conforme a NBR 6122 (ABNT, 2010) – Projeto e Execução de Fundações, as cargas superficiais são conduzidas ao solo, influenciadas pelas pressões impostas sob a base da fundação, onde a profundidade de assentamento em relação ao terreno deve ser duas vezes inferior à menor dimensão da fundação (mínima de 60 centímetros). Nas fundações superficiais incluem-se sapatas, sapatas associadas, sapatas corridas, blocos, radier e vigas baldrame.

A NBR 6122 (ABNT, 2010) acrescenta que as tensões transmitidas ao solo se dão pela área de apoio, ou seja, pela base da fundação. Desta forma, a estrutura deve ser dimensionada para atender as resistências nos estados limites propostos, tanto para recalques admissíveis quanto para o colapso estrutural. Para Crespo (2004), o cálculo de recalque dos solos estima o nível de carregamento que o solo suportará ao ser aplicada a carga. Um problema que ocorre com frequência e impede a melhor análise de recalques do solo é a obtenção de valores dos parâmetros elásticos com precisão, ocasionado devido à dificuldade de coleta de amostras indeformadas do solo, onde os valores obtidos em laboratório mostram uma excrecência quando comparada aos valores reais.

Os recalques se classificam em: Imediatos ou por Consolidação. O recalque imediato é aquele que ocasiona logo após a inserção do carregamento ou num período de até sete dias. Os recalques imediatos são realizados em solos fino granulados incluindo silte e argila com grau de saturação menor que 90%, além de solos com grandes coeficientes de permeabilidade. Já os que ocorrem por consolidação (solos saturados e fino granulados) levam meses ou anos para se desenvolver (CRESPO, 2004). As grandezas de recalques que uma estrutura pode suportar fazem com que alguns fatores sejam essenciais, como: materiais constituintes mais flexíveis e com maior tolerância à deformação, da velocidade em que ocorre o recalque e, conforme a finalidade da construção, estabelecendo que para algumas estruturas, conforme a proporção e o grau do dano, o recalque é aceitável (CASTRO, 2010).

2.3.1 Inspeção e diagnóstico de recalque de fundação

Um recalque pode se originar devido a vários fatores e se manifestar de diversas formas. Thomaz (1989) diz que, é extremamente difícil estimar quando ocorrerá um recalque absoluto e que, para se obter uma estimativa razoável de precisão, devem ser feitas provas de carga, ainda que estes serviriam apenas para medir os recalques imediatos. Ao visualizar uma patologia, deve-se procurar solucioná-la da seguinte forma: entender sobre a manifestação patológica fazendo um levantamento de informações da ocorrência; diagnosticar o problema através da identificação da causa e a reação da patologia; apontar a devida solução, a fim de recuperar a estrutura, especificando a melhor maneira de executá-la.

É de extrema importância considerar todas as hipóteses para diagnosticar um problema patológico, porém, pode ser feito um prévio descarte de impossibilidades de tal patologia. Uma trinca, por exemplo, antes de diagnosticá-la, deve-se analisar se ainda há variação na sua abertura, ou se ela está inativa. Uma verificação simples que pode mostrar se a trinca está ou não estável, apontada por Thomaz (1989), é a utilização de “testemunhos”. O testemunho rígido, também conhecido como gravata, é constituído por calços de gesso, tiras de vidro ou de papel. Caso a fissura apresente uma variação em sua abertura, ocorrerá a ruptura do testemunho, permitindo assim a detecção (grosseiramente) de eventuais acréscimos da fissura.

De acordo com Marcelli (2010), ao observar o aparecimento de fissuras numa edificação, geradas devido ao recalque de fundações, vários fatores devem ser questionados, como: se o corte apresenta uma inclinação acentuada; se o aterro foi feito em solo inclinado; o tipo de solo; se houve remoção de camada de solo mole; se as camadas foram executadas de acordo com a espessura ideal; como foi feita a compactação; como foi feita a proteção dos

taludes; se houve possíveis afetações do bulbo em construções posteriores; o local de lançamento das águas pluviais.

2.3.2 Danos causados por recalques

As manifestações patológicas devido ao recalque podem surgir de diversas formas numa estrutura, e podem ser classificadas em três grupos, sendo eles: danos arquitetônicos, danos de funcionalidade e danos estruturais (CREMONINI, 1988). Os danos arquitetônicos não comprometem a estrutura da edificação e são visíveis ao observador comum, como recalques dos pisos, trincas em paredes etc. (CREMONINI, 1988). Os danos funcionais são aqueles causados à utilização da edificação, tais como: empeno de portas e janelas, refluxo ou ruptura das tubulações, desgaste excessivo dos trilhos do elevador devido ao desaprumo. (SOUZA E RIPPER, 1998).

Já os danos estruturais, ou seja, em pilares, vigas e lajes são mais complexos, pois comprometem a estrutura e a estabilidade da edificação. Conforme Milititsky, Consoli e Schnaid (2008), há relações entre recalques máximos e recalques diferenciais máximos admissíveis feitos para ter uma noção de ordem e grandeza de valores, sendo para fundações isoladas: 25 mm para recalque diferencial e 40 mm para recalque total; para radiers recalques máximos da ordem de 50 mm e para fundações em solos argilosos recalques de até 40 mm.

As fissuras provocadas por recalques possuem algumas características básicas, como por exemplo, a presença de esmagamentos localizados, provocados por tensões de cisalhamento. Além disso, quando se tem um recalque mais acentuado, há uma variação nítida na abertura da fissura (THOMAZ, 1989). Em função de seu tamanho, podem ter diferentes classificações: fissura capilar, trinca, rachadura, fenda e brecha. O IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia - propôs a classificação indicada no Quadro 1:

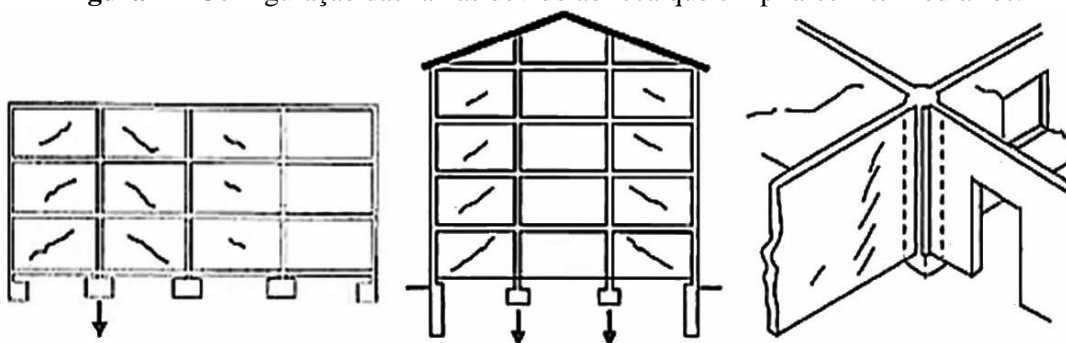
Quadro 1 – Classificação das fissuras.

TIPO	ABERTURA (mm)
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 a 1,5
Rachadura	De 1,5 a 5,0
Fenda	De 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: COBREAP (2017)

Conforme Milititsky, Consoli e Schnaid (2008), outra característica padrão gerada pelo recalque diferencial é a fissura diagonal. Geralmente ela possui uma inclinação de aproximadamente 45 graus e a parte mais alta da fissura aponta para o lado que sofre a deformação na estrutura, como mostra a Figura 1.

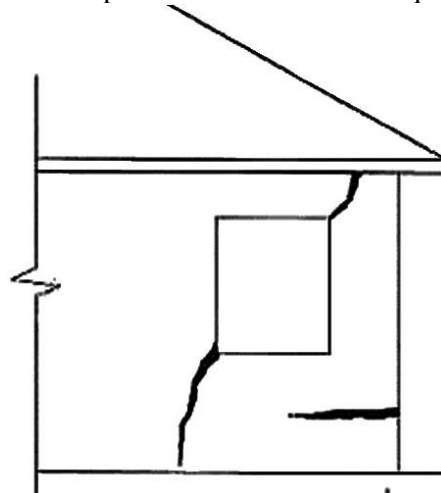
Figura 1 – Configuração das falhas devido ao recalque em pilares intermediários.



Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2008)

Segundo Calisto e Koswoski (2015), em paredes de vedação em obras com estrutura reticulada (caracterizadas pelas suas barras e pelos seus nós) que apresentam recalques, costuma ocorrer fissuras por tração diagonal. Quando as fundações das extremidades da estrutura se movimentam, provocam fissuras inclinadas na direção dos pilares externos ou de canto, como pode ser observado na Figura 2.

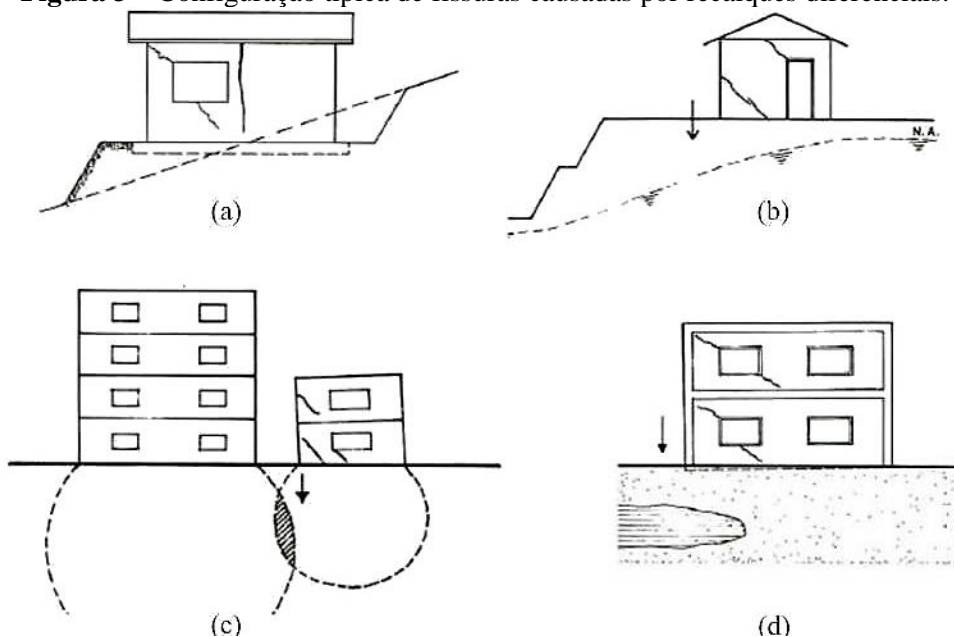
Figura 2 – Fissuras em parede cortante com recalque na extremidade.



Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2008)

Thomaz (1989), através de observações de casos reais de recalques diferenciais em edificações, produziu informações sobre as manifestações de acordo com as características típicas. Os recalques diferenciais podem ser causados por diversos fatores, os mais comuns são: Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro (Figura 3a); recalque diferencial devido ao rebaixamento do lençol freático em função de corte na lateral inclinada do aterro (Figura 3b); recalque causado pela construção de edifícios próximos a construção já existente, causando interferência nos bulbos de tensões (Figura 3c) e recalque provocado pela falta de homogeneidade do solo, no qual a fundação está apoiada (Figura 3d).

Figura 3 – Configuração típica de fissuras causadas por recalques diferenciais.



Fonte: Thomaz (1989).

3 METODOLOGIA PARA O ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma edificação unifamiliar localizada na cidade de Ceres-GO, a mesma se encontra nas coordenadas -15.3078673, - 49.5915318 e sua imagem de satélite pode ser observada na Figura 4. Trata-se de uma construção de alvenaria com 10 cômodos no pavimento superior, que apresenta 139,50 m², e 5 cômodos no pavimento inferior, com 70,40 m² de área total. As laterais do quintal são cercadas por muros e há uma mata próxima a residência, como mostram a Figuras 5 e a Figura 5, que apresenta a fachada da residência. No lote adjacente à divisa, nos fundos, perpassa um córrego estreito, denominado Córrego Água Limpa, demarcado na Figura 4, que fica a 30 m da edificação.

Figura 4 – Foto aérea da residência



Fonte: Google Earth (2020)

Figura 5 – Imagem da fachada da residência.



Fonte: Próprios Autores (2020).

De modo a cumprir o objetivo proposto no trabalho, de identificar as patologias provenientes de recalques diferenciais de fundação na edificação, utilizou-se a estrutura básica

proposta por Lichtenstein (1986). Nesta metodologia, o autor divide a forma de atuação prática em 3 etapas, que são: levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e definição de conduta.

3.1 Levantamento de subsídios

Trata-se de uma etapa em que se reúne informações para o entendimento dos problemas encontrados. Desta forma, foi realizado, primeiramente, uma vistoria *in loco* onde foi feito um registro fotográfico com as configurações típicas das manifestações patológicas e adicionadas informações que pudessem colaborar com a confecção de um mapeamento de fissuras, e assim, visualizar os ambientes mais críticos atingidos pelo recalque. Ao efetuar o registro fotográfico, foi colocado um escalímetro ao lado de cada abertura, como um parâmetro de referência, a fim de estimar com maior precisão os tamanhos das fissuras, trincas e rachaduras. Além da identificação das fissuras, foram identificadas no local outras anomalias que poderiam ser decorrentes do recalque diferencial.

Foi realizado também um reconhecimento das condições gerais da localização do terreno da edificação e de seus arredores através de uma inspeção visual preliminar. Com isso, foram definidos os pontos mais críticos, onde haveria a necessidade de maior severidade na análise das patologias.

3.2 Diagnóstico da situação

Após a inspeção visual e levantamento dos subsídios, foi feito um estudo para identificar como o recalque causou manifestações patológicas na residência. Nesta etapa, por meio do que foi obtido como base para análise na etapa anterior, foram analisadas as configurações das fissuras e suas características, observando-se a espessura, grau de inclinação, processo de evolução e a direção em que a fissura apontava.

Fatores importantes como, a inclinação do terreno e o córrego próximo a edificação, foram levados em consideração para definição de que a patologia analisada realmente tem sua origem no recalque diferencial. Essa etapa foi baseada em pesquisas bibliográficas em artigos publicados, normas e demais materiais técnicos pertinentes, o que é possível graças ao fato de manifestações patológicas apresentarem características comuns que possibilitam sua identificação.

3.3 Definição de conduta

Tendo realizado o mapeamento dos problemas patológicos referentes ao recalque diferencial, possível devido à realização das etapas descritas em 3.1 e 3.2, foi apresentado o levantamento das soluções mais adequadas a serem adotadas. Esta etapa foi pautada em pesquisas bibliográficas, que indicavam as medidas adequadas a serem tomadas por profissionais da área, em situações semelhantes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Identificação dos problemas referentes ao recalque diferencial

Ao realizar o levantamento de subsídios, foram encontradas várias fissuras de tamanhos e espessuras diversas na edificação em análise. Alguns locais foram evidenciados devido ao maior número de patologias, considerando que, esses locais provavelmente indiquem onde o recalque se acentua. As fissuras decorrentes de recalque em fundações, geralmente, atingem com maior significância o pavimento térreo da edificação. No caso deste trabalho, pode-se

considerar mais afetado o pavimento inferior, devido o maior contato com o solo. As Figuras 6a, 6b, 6c e 6d mostram patologias neste pavimento que são decorrentes deste problema.

A Figura 6a apresenta a deformação na laje, onde pode ser observado o deslocamento da alvenaria, alterando assim a integridade estrutural. Já a Figura 6b mostra uma fissura vertical na parede externa com variação da abertura, que se inicia com maior espessura nas proximidades do solo, se estendendo até o topo da parede. A Figura 6c apresenta o rompimento do pilar e da viga com a parede pelas lamelas laterais da argamassa. A Figura 6d apresenta uma fissura com origem no vértice da abertura da janela, propagando-se seguindo uma trajetória inclinada.

Figura 6 – Patologias encontradas no pavimento inferior da edificação: em (a) deformação na laje; (b) fissuração; (c) rompimento do pilar com a parede; (d) fissuração.



Fonte: Próprios Autores (2020)

No pavimento superior, foram observadas fissuras inclinadas e variações em suas aberturas, muito parecidas com aquelas provocadas por deflexão de componentes estruturais e patologias ocasionadas devido ao solo, o que pode ser observado na Figura 7a e 7b.

Figura 7 – Fissuras devido a deflexão de componentes estruturais: (a) fissura inclinada em direção ao ponto crítico; (b) fissura com variação da abertura.



Fonte: Próprios Autores (2020)

Como pode ser observado, na Figura 7a a fissura se estende da abertura da alvenaria até o pilar do cômodo, com sua inclinação direcionada ao ponto em que ocorreu maior recalque. A Figura 7b também apresenta a mesma característica de inclinação. A fissura inicia-se na lateral da janela e direciona-se para o pilar. Além disso, a fissura sofre alterações em sua abertura.

As patologias apresentadas na Figura 8 localizam-se no pavimento superior da edificação. Tratam-se de fissuras muito semelhantes àquelas provocadas pelos movimentos de retração e expansão do solo.

A Figura 8a localiza-se no revestimento da parede da cozinha, logo acima da porta. Como pode ser observado, há fissuras tanto na vertical quanto na horizontal. A Figura 8b possui algumas semelhanças nas alterações físicas com a Figura 8a. Nota-se que as fissuras aparecem no canto superior da parede, também com inclinação na vertical e horizontal. A Figura 8c mostra uma abertura relevante do piso com o contra piso. Nota-se também o rebaixamento de um piso para o outro. Na Figura 8d mostra o afastamento entre os pisos cerâmicos e um desnível entre eles. Além disso, podem ser vistas fissuras nos pisos direcionadas para o pilar.

Diante do levantamento realizado *in situ*, foi feito o mapeamento das patologias decorrentes do recalque de fundações. O Anexo A apresenta as plantas baixas da residência, para pavimento superior e inferior, e as incidências das fissuras causadas pelo recalque diferencial. No mapeamento esquematizado, as setas vermelhas representam as fissuras em paredes, e as azuis nos pisos. Além disso, o local onde as fissuras se concentraram, ou seja, a zona crítica, foi evidenciada com um círculo.

Figura 8 – Fissuras provocadas pelos movimentos de retração e expansão do solo: (a) fissuração no vértice superior na parede interna; (b) fissura no canto superior da parede, próxima ao pilar; (c) rompimento e rebaixamento do piso; (d) afastamento do piso e fissuras causadas pelo recalque.



Fonte: Próprios Autores (2020)

4.2 Reconhecimento geral das condições locais e identificação das causas das patologias

A análise dos dados indica que houve insuficiência ou falha na investigação do solo. Considerando que o solo é o meio de suporte de cargas em qualquer edificação, sua identificação e comportamento são de extrema importância. Através do reconhecimento das condições locais realizado, foi possível pontuar alguns prováveis motivos da ocorrência do recalque diferencial, sendo eles:

4.2.1 Deficiência na investigação geotécnica

Um fator importante a ser considerado é que a residência possui mais de 25 anos e que, como informado pelo proprietário, não houve a contratação de um profissional para avaliar o terreno, tampouco para a elaboração do projeto estrutural.

Segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2008), a deficiência na investigação geotécnica é uma causa típica da ocorrência de recalque diferencial em obras de pequeno e médio porte, que acontece em geral por motivos econômicos. Os autores afirmam que o mau desempenho de fundações nesses tipos de obras se deve, em mais de 80% dos casos, a ausência completa de investigações que acaba levando a adoção de soluções inadequadas de fundações.

Em razão da fundação ser o elemento que liga o solo à estrutura, ela sofrerá o efeito de movimentos das cargas que constituem a edificação. Cada tipo de solo possui suas características, e é esse fator que determinará o limite que será suportado ao inserir o carregamento. Caso essa carga ultrapasse o limite estabelecido pelo solo, poderá resultar em comportamentos inadequados, ocasionando patologias e riscos à edificação (SANTOS, 2014).

4.2.2 Influência da vegetação

Conforme foi apontado, e pode ser observado nas Figuras 5 e 6, o terreno em que se encontra a edificação está totalmente cercado por vegetação. A vegetação pode influenciar devido a uma série de fatores, como: o tipo da vegetação presente, o tipo de solo local, a distância da vegetação da edificação, a alteração da umidade do solo, interferência física das raízes (MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008). Segundo os autores, as raízes podem extrair a água presente no solo, alterando seu teor de umidade e provocando seu adensamento de forma desigual, levando a estrutura ao recalque diferencial. Além disso, se o solo tiver características expansivas, o corte da vegetação próxima à edificação pode colaborar para a expansão do solo, causando movimentos verticais na fundação (MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008).

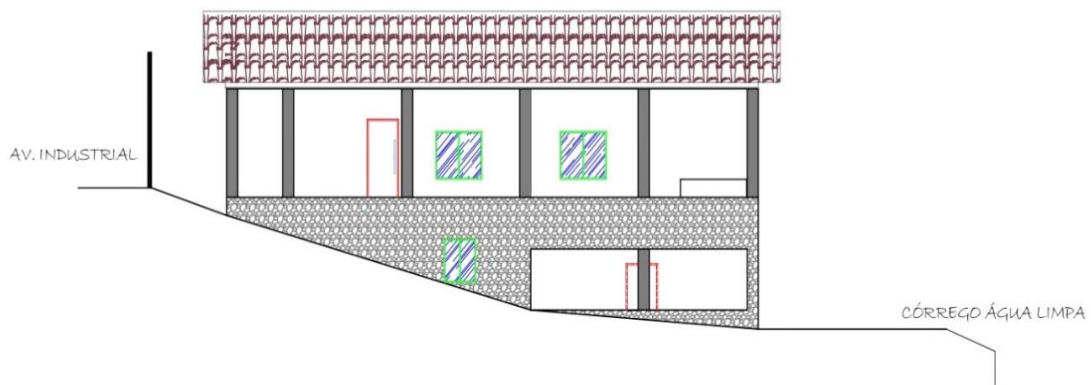
Com base em uma análise tátil-visual, conforme NBR 7250 (ABNT, 1982), constatou-se ainda que o solo do terreno apresenta características de solo argiloso, que são mais susceptíveis a mudanças volumétricas devido a variações de umidade. Isso justificaria a movimentação da fundação que levou a ocorrência de recalque diferencial e ao surgimento das patologias observadas.

4.2.3 Rebaixamento de lençol freático

Devido a passagem de um curso d'água tão próximo a edificação (Figura 9), córrego Água Limpa, que se encontra a 30 metros da mesma, sabe-se que o nível d'água no mesmo varia no decorrer do ano e com isso, também varia o nível d'água do lençol freático a ele interligado. Rebello (2008) afirma que no cálculo da tensão que efetivamente causa impactos na estrutura do solo, conhecida como tensão efetiva, um dos fatores considerado é a pressão neutra ou poropressão (pressão considerada abaixo do nível do lençol freático e devido a presença da água).

Segundo Rebello (2008), o rebaixamento do lençol freático produz uma diminuição na pressão neutra, o que ocasiona um aumento de pressão efetiva sobre o solo, e isso pode provocar recalques sem a necessidade de haver aumento na carga sobre a fundação.

Figura 9 – Vista lateral da edificação.



Fonte: Próprios Autores (2020).

4.3 Possíveis soluções para os problemas encontrados

Propor uma solução para um problema referente a patologia na construção civil requer conhecimento, técnica e experiência. Na edificação estudada, vários fatores influenciaram para tais problemáticas. Um fator relevante foi a falta de conhecimento sobre as características do solo e sua interação com a estrutura.

No caso dessa edificação, há necessidade de fazer um estudo mais aprofundado do solo, pois, além de possuir características de um solo argiloso, o terreno tem um declive bem acentuado e há a passagem de um córrego próximo. Vale ressaltar que, quando o assunto é recalque de fundações, se os estudos apontarem que há possibilidade de continuação do movimento, nenhum método de reparo do componente será eficiente (SANTOS, 2014).

Segundo Helene (2003), recuperação dos ambientes que sofrem danos patológicos deve ser realizado caso tenha um diagnóstico seguro, avaliado por um profissional capacitado, para proporcionar não só a estética, mas também a funcionalidade e o desempenho estrutural edificação.

4.3.1 Soluções para deficiência na investigação geotécnica

Para definir qual o tipo de solo e suas respectivas características geotécnicas, deve ser feita uma investigação geotécnica preliminar. Essa investigação pode ser feita de várias formas, dependendo da necessidade imposta pelo solo. Um exemplo, é a sondagem à percussão (SPT), que determina: estratigrafia e classificação dos solos, a posição do nível d'água e a medida do índice de resistência à penetração (NSPT), conforme especifica a NBR 6484 (ABNT, 2001).

Ao fazer a análise dos resultados preliminares obtidos pela SPT, deve ser examinado se há necessidade de investigações complementares, podendo ser feitas através de: sondagens adicionais, ensaios laboratoriais, ensaios de campo, instalações de indicadores de nível de água, piezômetros, etc. Se constatadas diferenças entre as condições locais e às fornecidas pelos resultados obtidos das investigações, principalmente na etapa da fundação, devem ser feitas investigações adicionais, até que eliminem as divergências.

4.3.2 Soluções para Influência da vegetação

Todos os elementos implementados num projeto, bem como as características do solo, devem ser considerados juntamente com profissionais envolvidos no projeto e na execução, definindo assim os deslocamentos admissíveis e os fatores de segurança a serem aplicados às diversas cargas estruturais (VELLOSO; LOPES, 2011).

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), sempre que a natureza do subsolo exigir, devem ser realizadas sondagens de reconhecimento, poços ou trincheiras de inspeção (meios de prospecção feito em solos coesivos, acima do nível d'água, que permite o acesso no interior do terreno para exame direto “*in situ*” das paredes da escavação em estado natural), para retirar amostras indeformadas e submetê-las a ensaios laboratoriais. Esses métodos de prevenção, compactação e adensamento prévio das camadas de solos menos resistentes tem como objetivo ter o maior controle de: elevações de resistências dos solos, porosidades, efeitos que causam recalques, adequações das fundações, etc. (SANTOS, 2014).

4.3.3 Soluções para o rebaixamento de lençol freático

O rebaixamento do lençol freático está ligado a determinação do comportamento dos solos, em face da percolação de água. Para isso, devem ser feitos ensaios de permeabilidade dos solos ao longo das camadas existentes no subsolo para obtenção dessas informações. Estes ensaios podem ser feitos nos furos de sondagem ou através de amostras indeformadas dos solos e a subsequência de ensaios de laboratório, que irão permitir a quantificação da compressibilidade destas camadas do solo (NETO, 2004).

Quando se vai executar uma fundação e a cota da obra está abaixo do nível do lençol freático, há a necessidade de rebaixá-lo. A presença d'água acima do nível previsto interfere na execução do serviço e pode até desestabilizar a base e taludes. Para essa situação, recomenda-se escoramentos mais cuidadosos e a drenagem dessa água acima da cota da obra (MARANGON, 2004).

Marangon (2004) diz que, há maneiras para realizar o rebaixamento do lençol freático, e dependerá do tipo apontado por suas características. Ele pode ser livre ou artesianos (relaciona-se com as camadas), impermeável ou semipermeável. Em geral, elas são constituídas por esgotamento por meio de bombas no interior de sua escavação, encharcada ou de poços filtrantes em linha coletora de tubos cravados espaçadamente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da vida útil de uma edificação, podem ocorrer manifestações patológicas interferindo na parte estética, funcional ou estrutural. E, para garantir um melhor desempenho, é ideal que se contrate profissionais qualificados para a execução da edificação, visando construir com segurança, estabilidade e durabilidade do imóvel.

Através da revisão da literatura juntamente com a vistoria realizada no estudo de caso, pode-se identificar, analisar e classificar as patologias de acordo com suas configurações e mecanismos. Foi constatada a inexistência de projetos específicos para a execução da edificação, mesmo sendo nítida a necessidade de cuidados que o terreno apresentava.

Com base no exposto, conclui-se que, após a identificação das patologias que sugerem recalques diferenciais devido a fundação, é necessário que seja empregado o controle das movimentações da edificação, para garantir a segurança e evitar o agravamento das patologias na estrutura. Recomenda-se ainda que, antes de realizar o processo de recuperação das fissuras, seja feita uma análise dos dados coletados a partir de investigações geotécnicas.

Como forma de prevenção do recalque diferencial, antes de dar início a execução de uma fundação, é fundamental realizar uma investigação do solo para obter informações sobre as condições do local, o que deve ser feito por um profissional capacitado. Por fim, outro importante aspecto a ser considerado é a necessidade de realização das devidas manutenções na edificação, sendo estas preventivas e corretivas, a fim de evitar patologias e problemas estruturais.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Edificações Habitacionais**. NBR 15575 – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Identificação e Descrição de Amostras de Solos Obtidas em Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos**. NBR 7250 - Procedimentos. Rio de Janeiro, 1982.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Manutenção de edificações**. NBR 5674 – Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto e Execução de Fundações**. NBR – 6122. Rio de Janeiro, 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio**. NBR 6484 – Solo. Rio de Janeiro, 2001.

CALISTO, Aline, KOSWOSKI, Regiane. **Efeito do Recalque Diferencial de Fundações em Estruturas de Concreto Armado e Alvenaria de Vedação**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2015.

CASTRO, Ranniere Moreira. **Uso da Planilha Excel para Estimativa de Recalques Diferenciais em Fundações Superficiais**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Feira de Santana. Dezembro, 2010.

Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias - COBREAP, 2017, Foz do Iguaçu, Pr. Inspeção predial e avaliação das manifestações patológicas do subsolo em edificação residencial localizada no distrito federal – estudo de caso condomínio residencial 116 Norte. Foz do Iguaçu, PR: **IBAPE**, 2017.

CREMONINI, Ruy Alberto. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre: Recomendações para projeto, execução e manutenção**. Porto Alegre, 1988.

CRESPO, Victor Augusto de Souza. **Estudo de Sensibilidade de Edificações em Relação ao Solo**. Mestrado em Engenharia Civil na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro, 2004.

HELENE, Paulo R. Do Lago. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, Red Rehabilitar, 2003.

KELCH, Barbara. **Como definir a Vida Útil de Projeto segundo a NBR 15.575**. Colaboradora do GTNormas / AsBEA - Seminário de Normas Técnicas. Bahia, 2016.

LICHTENSTEIN, Norberto B. **Patologia das Construções – Procedimento para Diagnóstico e Recuperação**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 1986.

MACEDO, Augusto Venâncio Brito. **Patologias em Obras Recentes de Construção Civil: Análise Crítica das Causas e Consequências**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

MARANGON, M. **Rebaixamento do Lençol Freático. Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra**. 2004.

MARCELLI, Mauricio. **Sinistros na Construção Civil: Causas e Soluções para Danos e Prejuízos em Obras**. São Paulo: Editora PINI, 2010.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, C. SCHNAID, F. **Patologia das fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008

NETO, J. B. S. **Comportamento de um Solo Colapsível Avaliado à Partir de Ensaios de Laboratório e Campo, e Previsão de Recalques Devidos à Inundação (colapso)**. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

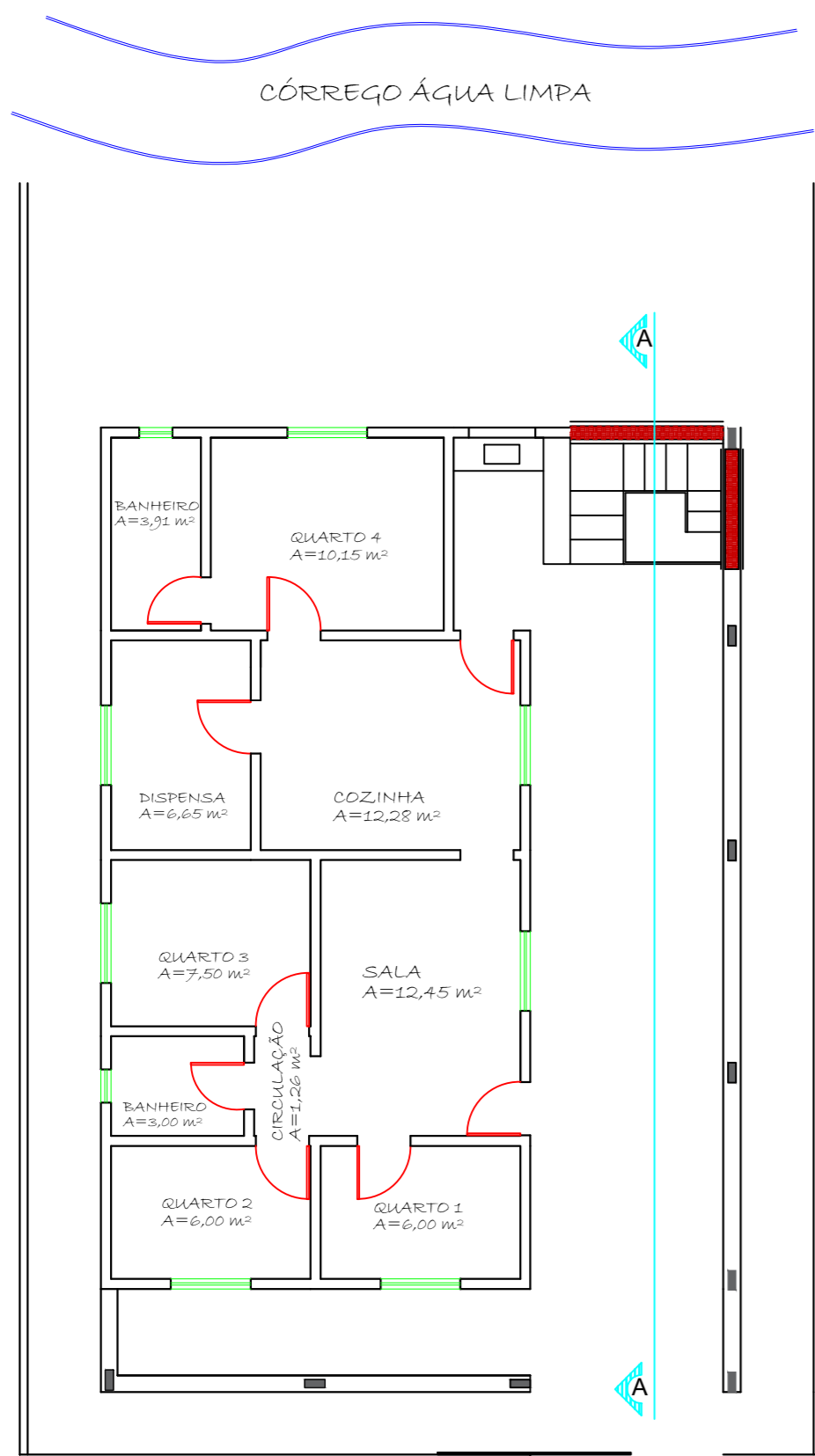
REBELLO, Y. C. O. **Fundações: Guia Prático de Projetos, Execução e Dimensionamento**. 4ª ed. São Paulo: Zigurate, 2008.

SANTOS, Guilherme Veloso. **Patologias Devido ao Recalque Diferencial em Fundações**. UniCEUB Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Civil. Brasília, 2014.

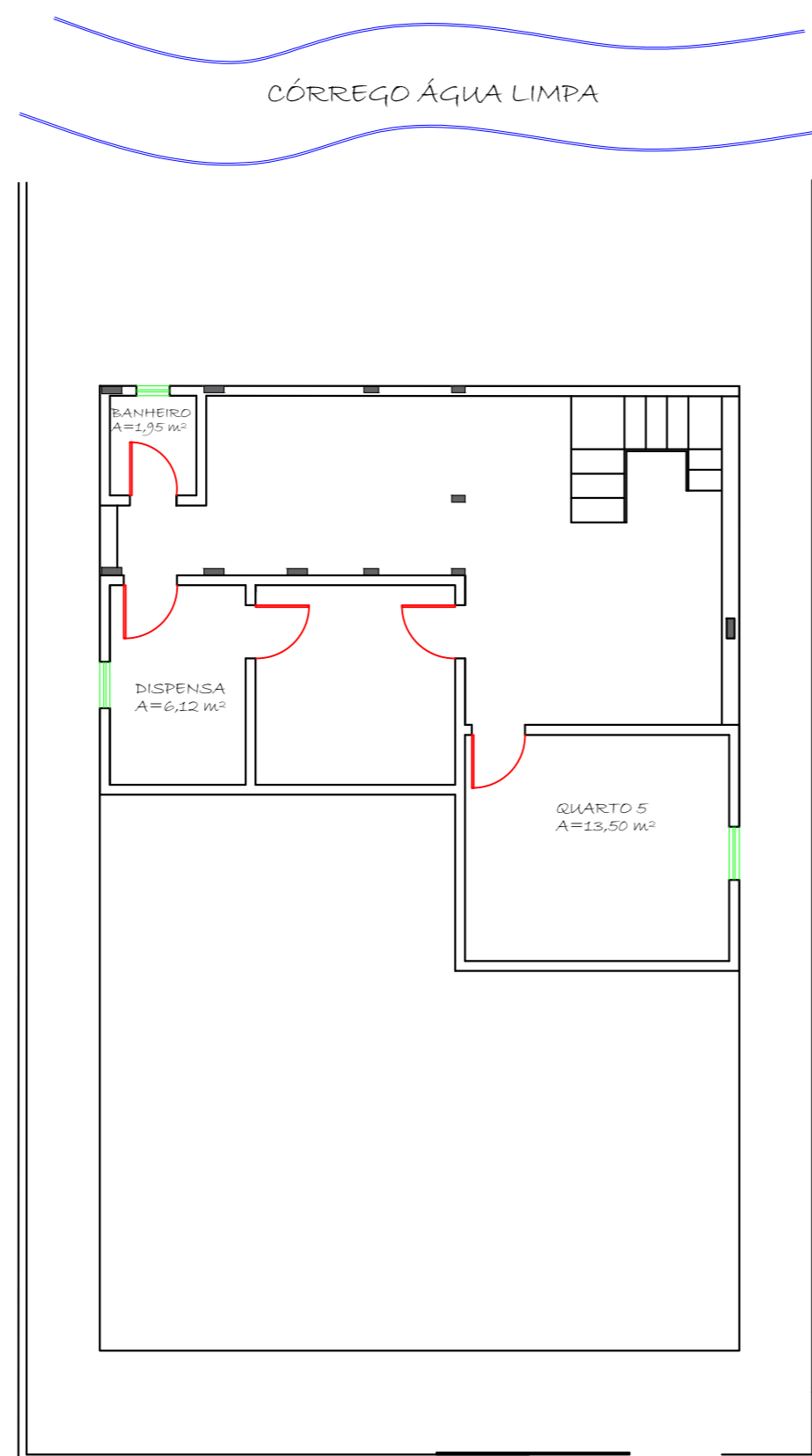
SOUZA, Vicente Custódio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

THOMAZ, E. C. S. **Trincas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação**. São Paulo: Editora PINI, 1989.

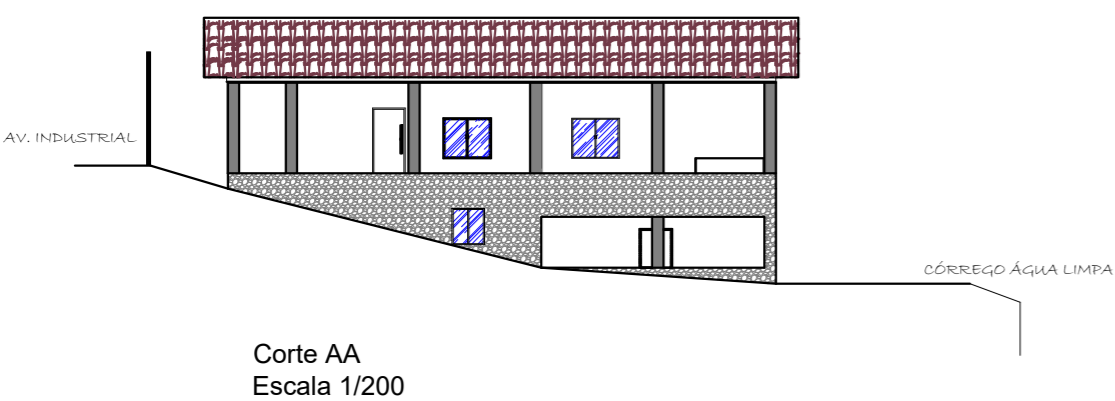
VELLOSO, D. DE A.; LOPES, F. DE R. **Fundações**. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011.



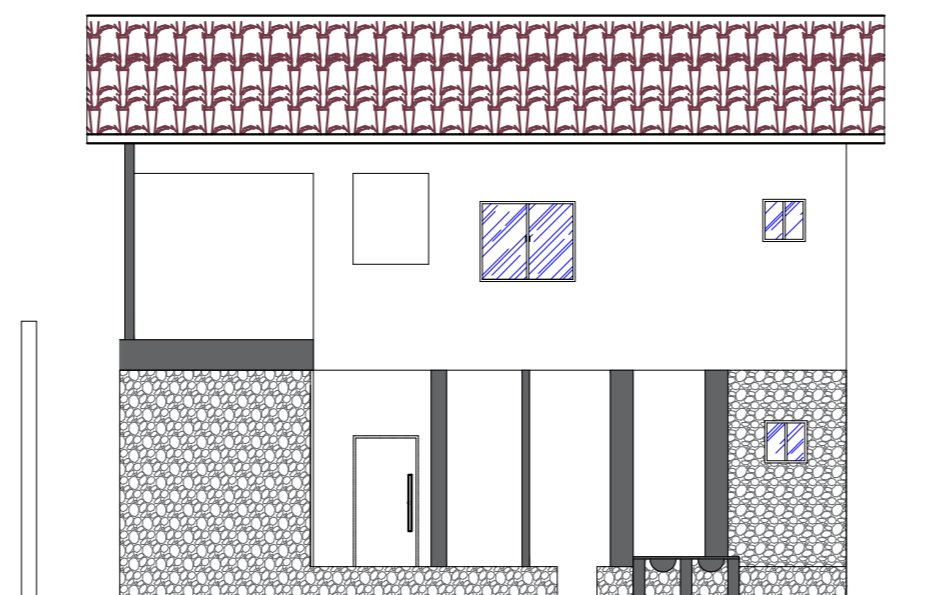
Planta Baixa - 1 pav
Escala 1/100



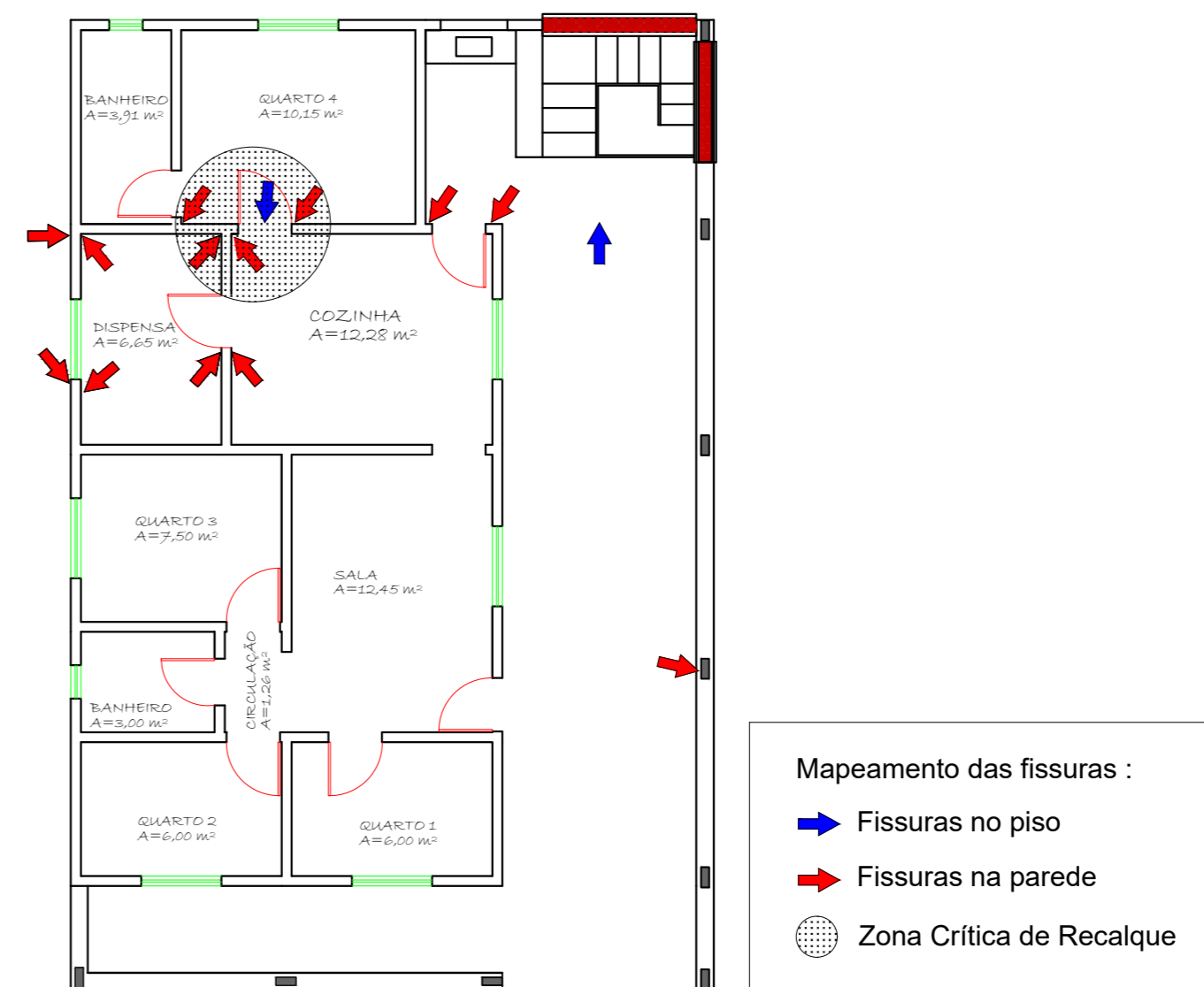
Planta Baixa - térreo
Escala 1/100



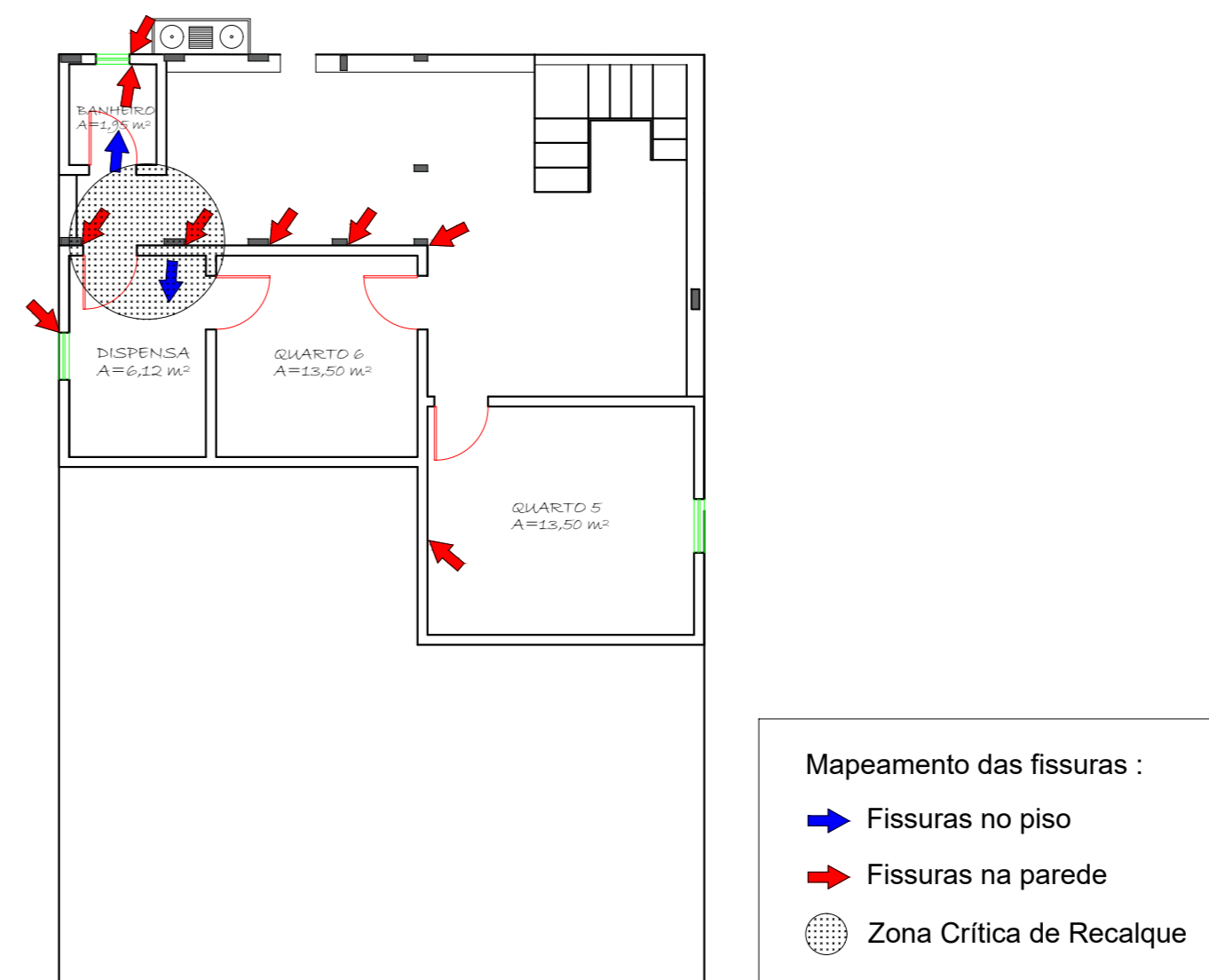
Corte AA
Escala 1/200



Fachada Frontal - Fundo
Escala 1/100



Mapeamento das fissuras - 1 pav
Escala 1/100



Mapeamento das fissuras - térreo
Escala 1/100

ANEXO 1			
ALUNO: GUILHERME SCALABRINI DE ARAUJO E RAYANE CÂNDIDO DE OLIVEIRA	PROJETO: TCC	PROFESSORA: JÉSSICA NAYARA	NUMERAÇÃO: 01/01
CONTEÚDO DA PRANCHA: PLANTA BAIXA, CORTE E FACHADA	ESCALA: 1/100	PADRAO: A2	DATA: 14/06/2020