

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

INSTITUTO DE CIÊNCIA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Karine de Oliveira Santos

Lhorrana Aparecida Lima Santos

Pedro Henrique Amaral Lima

ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ALGUNS PRÉDIOS DA

UFVJM – CAMPUS MUCURI

Teófilo Otoni

2018

Karine de Oliveira Santos
Lhorrana Aparecida Lima Santos
Pedro Henrique Amaral Lima

**ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ALGUNS PRÉDIOS DA
UFVJM – CAMPUS MUCURI**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de engenheiro civil.

Orientador: Prof. Dr. Stênio Cavalier Cabral

Teófilo Otoni

2018

Karine de Oliveira Santos
Lhorrana Aparecida Lima Santos
Pedro Henrique Amaral Lima

**ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ALGUNS PRÉDIOS DA
UFVJM – CAMPUS MUCURI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal dos Vales de Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de engenheiro civil.

Orientador: Prof. Dr. Stênio Cavalier Cabral

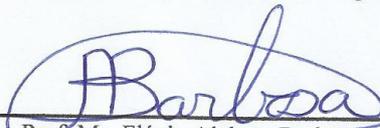
Data de aprovação: 20 / 12 / 2018



Prof. Dr. Stênio Cavalier Cabral
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia – UFMG



Prof. Ms. Eduardo Lourenço Pinto
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia – UFMG



Prof. Ms. Flávio Alchaar Barbosa
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia – UFMG

Teófilo Otoni

AGRADECIMENTOS

Eu Lhorrana, agradeço primeiramente à Deus por ter permitido que isso se concretizasse e por ter me dado força quando quis desistir. Aos meus pais Adão e Jirlane, a minha avó Ana, aos meus irmãos, ao meu namorado, aos meus amigos da faculdade. Aos meus dois companheiros fiéis Karine e Pedro Henrique e a todos que aqueles que me ajudaram de alguma forma.

Eu Karine, agradeço primeiramente a Deus, por me proporcionar esta conquista. Aos meus pais João e Luciana e a minha irmã Camila por fazerem dos meus sonhos os seus. Aos meus amigos e parceiros Leonardo, Pedro e Lhorrana.

Eu Pedro, quero agradecer a Deus pelas batalhas e pelas vitórias. Aos meus pais João Marcos e Almira e à minha irmã Anna Luísa por sempre acreditarem no meu potencial. À Karine e Lhorrana, parceiras da vida e da realização deste trabalho.

Em conjunto agradecemos ao nosso orientador Stênio Cavalier pela confiança, apoio e pelo conhecimento compartilhado durante o desenvolvimento deste trabalho. Valeu!

RESUMO

O termo “patologia” pode ser entendido como a ciência que estuda as causas, mecanismos de ocorrência, manifestações e efeitos das falhas nas construções civis ou em casos que o edifício não denota um desempenho mínimo preestabelecido pelo usuário. O estudo das patologias nas construções torna-se necessário no que diz respeito à busca de qualidade dos processos construtivos e na melhoria da habitabilidade e durabilidade das edificações, visto que tais problemas podem assinalar um estado de perigo potencial para a estrutura ou a necessidade de manutenção preventiva para evitar comprometimentos que possam ocorrer num futuro próximo. O trabalho aqui descrito tem como objetivo principal abordar as principais manifestações patológicas presentes na construção civil, com ênfase no problema de fissuração - especialmente às apresentadas em alguns prédios da UFVJM – Campus Mucuri - apresentando de forma simplificada algumas das principais causas por intermédio de embasamento teórico na literatura. Sendo assim, foi realizado um levantamento acerca das principais patologias encontradas em alguns locais do prédio de aulas do Campus do Mucuri, mais especificamente na sala 109 e nos corredores paralelo e perpendicular a esta (medidas em maio de 2018 e analisadas novamente em dezembro do mesmo ano), e, também, no corredor do prédio do curso de Medicina (medidas em setembro de 2018 e analisadas novamente em dezembro do mesmo ano). Com o auxílio de um fissurômetro e por meio de levantamento fotográfico, tais patologias foram avaliadas, observadas e mensuradas quanto à abertura e comprimento, sendo representadas por meio de tabelas no decorrer do exposto. Ao analisar as patologias novamente, no mês de dezembro do ano de 2018, pôde-se notar que não houve variação significativa do comprimento das mesmas, sendo estas diagnosticadas como fissuras, trincas, rachaduras e fendas. Todavia, no tempo em que foram alvo dos estudos deste trabalho, as manifestações apresentaram variações na espessura da abertura, conseqüentemente devido à falta de equilíbrio do que está ocasionando o aparecimento destas patologias nos prédios em análise da UFVJM - Campus do Mucuri.

Palavras Chave: Patologias. Fissuração. Manifestações patológicas.

ABSTRACT

The term "pathology" can be understood as the science that studies the causes, mechanisms of occurrences, manifestations and effects of the civil construction failures or in cases when a building does not show a minimal performance that was predefined by a user. Also described as apparent vices, the study of pathology in constructions becomes important regarding to what's stated about the search for constructive quality processes as well as the improvement in the habitability and durability in buildings, due to such problems may indicate a potential dangerous state for the structure or the preventive maintenance need, avoiding commitments that could occur in the near future. The work here described has the principal pathologic manifestations present in the civil construction as its main objective, with emphasis in the cracking problem - especially the ones presented in some of the UFVJM - Campus Mucuri buildings - presenting, in a simplified manner, the main causes through the theoretical bases of literature. Thus, a survey was carried out on the main pathologies found in the last places of the Campus of Mucuri classroom building, more specific in room 109 and in the parallel and perpendicular post offices this year (the measures in May 2018 and those analyzed again in December of the same year), and also in the corridor of the exercise of Medicine course (year in 2018 and analyzed of new year). With the help of a fissuremeter and by a photographic investigation, such pathologies were analyzed, measured e observed, regarding to the opening length, being represented through tables throughout what's exposed. Therefore, the pathologies were again analyzed, in the month of the year of 2018, and it was possible to note that there were no considerable variations in their length, afterwards, these were diagnosed as fissures, cracks, cleavages and crevices. However, by the time they were targeted in these studies, the manifestations presented thickness openness variations, consequently due to the lack of balance which is causing the appearance of these pattologies in the UFVJM buildings – Campus Mucuri.

Key words: Pathologies. Fissures. Pathologic manifestations.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. JUSTIFICATIVA	15
3. OBJETIVOS	16
3.1. Objetivos Gerais	16
3.2. Objetivos Específicos	16
4. REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1. GENERALIDADES	17
4.1.1. Contexto Histórico	17
4.1.2 Características dos Materiais	19
4.1.3 Comportamento dos materiais submetidos à fissuração	20
4.1.4 Primeiras fissuras no compósito concreto	24
4.1.5 Mecanismo de formação de fissuras	24
4.2 PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES	25
4.2.2 FUNDAÇÕES	27
4.2.2.1 Recalque Diferencial de Fundações	27
4.2.2.1.1 Recalque diferencial devido a erros de projetos	29
4.2.2.1.2 Recalque diferencial devido a erros de execução	30
4.2.2.1.3. Recalque diferencial devido a problemas no solo	30
4.2.3 SOBRECARGA OU ACÚMULO DE TENSÕES	36
4.2.4 RETRAÇÃO DO CONCRETO	41
5. FISSURAS, TRINCAS, RACHADURAS E FENDAS	43
5.1. FISSURAS	44
5.2. TRINCAS	45
5.3. RACHADURAS	46
5.4. FENDAS	46
6. ESTUDO DE CASO	46
6.1. Plantas	47
6.2. Coleta de dados	48
6.3. Levantamento fotográfico	54
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
8. PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS	62
9. REFERÊNCIAS	63
10. ANEXO A – PLANTA BAIXA DO PRÉDIO DE AULAS (CORREDORES E SALA 109) 67	
11. ANEXO B – PLANTA BAIXA PRÉDIO DO PRÉDIO DE AULAS DA MEDICINA	68

1. INTRODUÇÃO

Desde o período primitivo o homem já praticava a construção e seus métodos continuam a percorrer de geração para geração. Com o passar do tempo houve um aperfeiçoamento de algumas práticas, o que proporcionou a agregação de novos conhecimentos nesta área. O crescimento extensivo em ritmo acelerado da construção civil para atender uma necessidade crescente por edificações sejam elas laborais, industriais ou habitacionais estimulado pela própria modernização da sociedade, trouxe como consequência um grande passo no que diz respeito às questões científicas e tecnológicas (AMBROSIO, 2004).

Apesar deste avanço e crescimento exacerbado dos processos construtivos, muitas estruturas apresentam comportamento insatisfatório ocasionado por falhas involuntárias, imperícias, uso inadequado dos materiais, desgaste natural, erros de projetos, entre outros aspectos que contribuem para a degradação da estrutura. Perante tais falhas, torna-se importante o estudo das origens, formas de manifestações, efeitos de ocorrência das falhas e questões relacionadas à deterioração das estruturas; este estudo é designado como Patologia das Estruturas (MOREIRA & RIPPER, 1998).

A Patologia das Estruturas não é apenas um novo campo no enfoque do conhecimento das anomalias, todavia também, no que diz respeito à compreensão e ao projeto das estruturas, à própria formação do engenheiro civil. O fato em questão é que toda a instrução da engenharia de estruturas tem sido realizada, em grau de projeto e execução, graças à abordagem das mesmas a serem estabelecidas. Sendo assim, a precisão na reabilitação e subsistência das edificações existentes, determinada por pretextos diversos associados à economia, sociedade, patrimônio ou história, está produzindo um novo sistema que atende à concepção e ao projeto estrutural, onde a análise do que já existe, em termos técnicos de execução futura (proteção e vida útil), tornou-se algo essencial (MOREIRA & RIPPER, 1998).

As patologias em edificações são as principais causas responsáveis por afetarem a vida útil das estruturas, sendo estas, as que exercem maior notoriedade. Nesse aspecto, enfatiza-se o concreto, material amplamente utilizado na construção de estruturas, sendo constituído por cimento, agregados e água. Quando o concreto recebe uma armadura de aço, é nomeado de concreto armado, utilizado em grande escala na construção de estruturas de concreto. São essas estruturas que por intermédio do seu projeto e execução, tornam possível

a delimitação do aparecimento de uma série de patologias em edificações e/ou obras (HEERDT; PIO; BLEICHVEL, 2016).

Visando o crescimento gradativo de tais patologias, a exigência por itens e serviços qualitativos impõe às empresas o desenvolvimento de novos métodos para se adequarem a essas modificações e idealizarem soluções para os requisitos do mercado que se tornam cada vez mais competitivas. Por isso, observa-se a preocupação das empresas quanto à qualidade do concreto, uma vez que as mesmas buscam a obtenção da durabilidade do material, fator importante na diminuição do risco de manifestações patológicas (LOTTERMAN, 2013).

Com o aumento das patologias na construção civil, torna-se necessária uma maior atenção e crescente inspeção estrutural das construções nos processos de levantamentos de paredes e estudo de resistência dos diferentes materiais compostos de concreto em ensaios de compressão. A análise de problemas relacionados à fissuração em alvenarias é caracterizada como um importante critério de segurança, visto que tal processo possibilita o estudo da estabilidade ou o aumento na propagação de uma abertura, sinal que indica a necessidade de restaurações estruturais (JUNIOR, 2015).

A ocorrência de patologias no ramo da engenharia civil tem sido mencionada e descrita regularmente tanto no âmbito nacional como internacional. Acontecimentos clássicos como o da Torre de Pisa, dos prédios de Santos em São Paulo e da Cidade do México têm sido instrumentos de uma série de estudos e publicações. Normalmente, as patologias desenvolvidas em edificações são dificilmente solucionadas de maneira rápida, uma vez que para tal, existe a dificuldade em encontrar a origem do problema em virtude da falta de informações associadas ao projeto ou sobre o método no qual o mesmo foi executado (SANTOS, 2014).

Uma construção que apresenta durabilidade pode ser classificada como resultado de uma série de decisões e mecanismos adotados nas fases iniciais do projeto. Esse conjunto de decisões é responsável por garantir à estrutura e aos materiais um funcionamento adequado durante sua vida útil. Critérios que definem um adequado sistema de qualidade e produção são os mesmos que definem a durabilidade de uma edificação (SOUZA; RIPPER, 1998). A ausência de reparações na edificação faz com que pequenas manifestações patológicas, que inicialmente teriam custo de recuperação reduzido, se desenvolvam para casos de desempenho insatisfatório com ambientes de aparência estética deficiente, de possível insegurança na estrutura e elevado custo de manutenção (GONÇALVES, 2015).

2. JUSTIFICATIVA

O estudo das patologias em edificações tem como finalidade analisar os sintomas, causas e origens dos vícios aparentes que ocorrem em construções. A partir do estudo das fontes de tais vícios, é possível precaver que a ocorrência de problemas patológicos se torne algo frequente nas edificações modernas (DO CARMO, 2003). De uma maneira geral, as patologias têm origem relacionada a algum tipo de falha efetuada em ao menos uma das fases do processo de concepção de uma construção, evidenciando a importância de se conhecer a origem causadora do problema e o histórico construtivo para que assim seja possível identificar a fase do processo em que o erro foi desenvolvido e os respectivos problemas gerados pelo mesmo (HELENE, 2003).

A fissuração dos componentes que constituem a edificação é um dos tipos de problemas patológicos de maior incidência e que mais chama a atenção dos usuários devido ao aspecto visual e a sensação de insegurança (VITÓRIO, 2003). O conhecimento acerca das patologias e suas principais causas em edificações são de extrema complexidade, uma vez que envolvem uma série de fatores que desencadeiam as manifestações patológicas. Desta forma, a escolha por este tema é fundamentada pela deficiência de formação e preparo de profissionais nos diferentes níveis que atuam na área de construção civil na elaboração e execução de manutenção das construções, pós-conclusão, e na identificação, análise e solução de problemas patológicos.

Um engenheiro civil, por melhor formação que tenha, aprimora seus mecanismos e ideias por intermédio de experiências vividas na profissão, unidamente aos exemplos de casos patológicos que ocorreram em outras épocas, com o intuito de sempre intervir da maneira mais adequada possível e sabendo analisar o problema de forma a escolher a melhor alternativa para o caso a que for designado.

Sendo assim, a relevância da realização deste trabalho se deve à necessidade de se fazer um levantamento das patologias detectadas em alguns locais da UFVJM – Campus Mucuri, a qual a partir desta se poderá realizar um estudo posterior para se determinar as possíveis causas geradoras desses problemas e propuser alternativas de intervenção para solucionar a problemática.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivos Gerais

O presente trabalho tem como principal objetivo discorrer acerca das principais manifestações patológicas existentes em edificações e algumas das suas possíveis causas e, a partir destes conhecimentos, desenvolver um estudo de caso acerca das anomalias existentes em alguns prédios da UFVJM – Campus do Mucuri em Teófilo Otoni-MG.

3.2. Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico de manifestações patológicas e suas principais causas;
- Realizar um levantamento bibliográfico de abordagens disponíveis para conceitos de fissuras, trincas e rachaduras;
- Analisar as manifestações patológicas internas de alguns prédios UFVJM - Campus Mucuri;
- Identificar e mapear, através da inspeção visual e fotográfica, as principais manifestações patológicas presentes no local;
- Analisar o comportamento observado, bem como, discutir os resultados obtidos.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

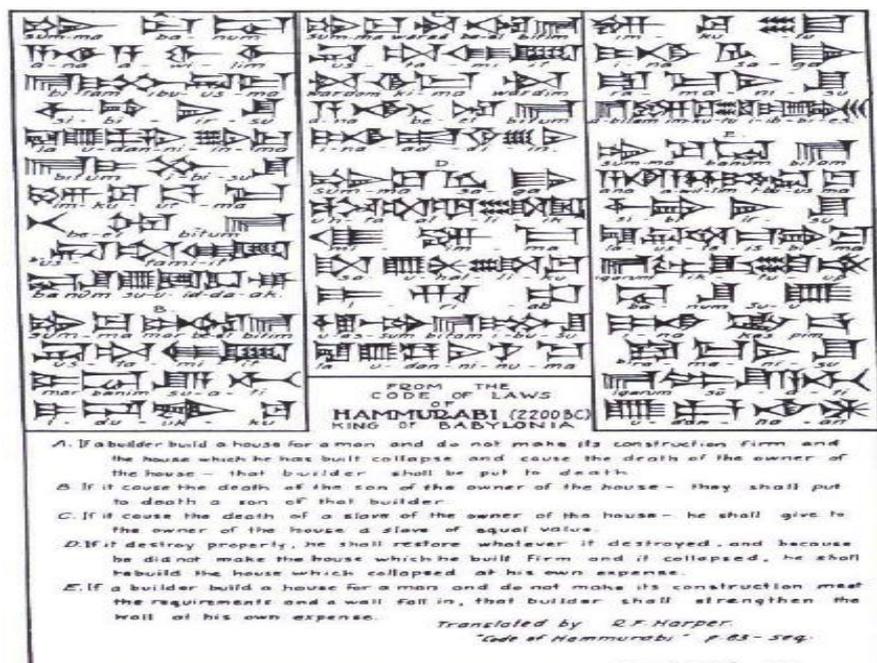
4.1. GENERALIDADES

4.1.1. Contexto Histórico

No período neolítico (pedra nova), também chamado de Período da Pedra Polida, materiais como pedras e madeiras foram aparentemente utilizados para fins construtivos pelo homem primitivo. Os primeiros megalitos - grandes blocos de pedra - aparecem há aproximadamente cerca de 3000 a.C., onde hoje estão localizados a Espanha e o sul da França, perante forma de “dolmens” ou “antas” (mesas de pedra) (PETRUCCI, 1980). A pedra seria, portanto, um dos materiais pioneiros a exercer grande importância na composição do concreto armado.

Por volta dos anos 2200 a.C., o primeiro rei do Império da Babilônia, Hamurabi, criou o código que leva seu nome, considerado como a mais antiga lei referente à patologias em edificações e obras. Acredita-se que para a edição desta lei, diversos problemas associados às ruínas e acidentes ocorreram constantemente naquele tempo. Além disso, a Bíblia relata no livro de Gênesis o desmoronamento da Torre de Babel, considerada por muitos, uma das histórias mais tristes e significativas do livro sagrado. A figura abaixo mostra o código de Hamurabi no formato original e na versão inglesa por F. R. Harper (FELD & CARPER, 1997).

Figura 01 - Código de Hamurabi (2200 a.C.)



Fonte: FELD & CARPER, 1997.

Desde os antepassados, ainda na utilização de cinzas vulcânicas para processos construtivos no Império Romano, os aglomerantes passaram a evoluir paulatinamente até a atualidade. Após uma série de pesquisadores, engenheiros, químicos e profissionais da área desenvolverem o uso de materiais como gesso, cal aérea, pozolana, cal hidratada natural ou artificial, somente depois, mais propriamente no fim do século XIX, ocorreu o surgimento do cimento.

Em outubro do ano de 1824, Joseph Aspdin – empresário e fabricante de cimento do Reino Unido – evidenciou um aglomerante por meio do cozimento de mistura de argila e calcário, nomeando-o como “Cimento Portland”, uma vez que a sua cor, após o período de pega, assemelhava-se com a cor das pedras encontradas em Portland, cidade localizada no noroeste dos Estados Unidos. Entretanto, o material em questão tratava-se de uma cal hidratada artificial (ASSUNÇÃO, 2005).

O cimento conhecido atualmente só foi obtido no ano de 1845, por Isaac Charles Johnson. Em 1873, o produto passou a servir de complemento com gesso cru e cloreto de cálcio ($CaCl_2$), cujo objetivo era a regulamentação do tempo de pega. No fim do século XIX, na Alemanha e na França, a tecnologia de aditivos foi impulsionada por meio da mistura de graxa de cal ao cimento, fazendo com que o mesmo apresentasse características plastificantes e hidrofugantes. A partir de então, o cimento seria considerado como outro material de grande destaque no que diz respeito à composição do concreto armado (ASSUNÇÃO, 2005).

Um dos maiores passos para o progresso na construção foi a introdução de metais, sendo eles, o cobre, o alumínio, o zinco e, sobretudo, o aço. Com isso, a trilogia de materiais mais relevantes na obtenção de concreto armado agora está concluída com o aço. O conceito de concreto armado surgiu em 1849, quando o pesquisador francês Joseph Monier teve a ideia de associar materiais pétreos, aglomerantes e metais, uma vez que o mesmo percebera que seus vasos se quebravam com grande facilidade, e, portanto, resolveu fortificá-los com o auxílio de arames (ASSUNÇÃO, 2005).

No Brasil, acredita-se que o emprego do concreto armado se deu em 1904, no estado do Rio de Janeiro. Em uma publicação desenvolvida por Antônio de Paula Freitas (1904), professor do colégio Polytechnico do Rio de Janeiro denominado “Construções em Cimento Armado”, discorre-se que o cimento armado (nome atribuído ao material naquela época) teve sua estreia em solo brasileiro nas obras habitacionais de Copacabana pela chamada “Empresas de Construções Civis”, administrada pelo engenheiro Carlos Poma. Tal empresa, posteriormente, alcançou destaque no que diz respeito à utilização do cimento armado (PORTO; FERNANDES, 2015).

Desde os “dolmens de Stonehenge” - importantes monumentos da pré-história europeia – até o túnel submarino que unifica a Inglaterra à França sob o Canal da Mancha, novas descobertas foram surgindo, assim com o Código de Hamurabi até as legislações contemporâneas, contribuindo assim para a evolução dos processos construtivos. No entanto, apesar de todo avanço histórico, a ocorrência de patologias e acidentes em edificações continua a perdurar. De acordo com Piancastelli (1997), a realidade atual revela que grande é o número de estruturas em concreto que necessitam de recuperação e/ou algum tipo de reforço. Além disso, a quantidade de prejuízos gerados pelas patologias na Engenharia propiciou um custo de aproximadamente 100 bilhões de dólares para manuseio e intervenções em obras no período dos anos 2000.

Dessa forma, percebe-se que as características relacionadas à durabilidade de uma estrutura são designadas como questões indispensáveis no ramo da engenharia civil sendo objeto de estudo por grande parte da comunidade técnico-científica mundial. Isto se deve à constância de eventualidades que ocorreram nas últimas décadas com ênfase no campo da construção em concreto. Nos tempos antigos, as estruturas eram concebidas e traçadas com a finalidade de satisfazer as condições de segurança e solidez diante das solicitações de origem mecânica que interagem na mesma. Os aspectos associados ao assunto de durabilidade e execução que as estruturas deveriam apresentar ao longo de sua vida útil não eram tidos como questões consideráveis, uma vez que se idealizava que o concreto armado era eficiente na conservação de suas características físicas, químicas e mecânicas praticamente inalteradas ao longo do tempo (ANDRADE, 1997).

Todavia, observou-se que tais protótipos estavam caindo por terra quando estudiosos começaram a observar os elevados níveis de degradação que as estruturas vêm apresentando, principalmente no que se refere a patologias como trincas e rachaduras em edificações, o que compromete seriamente a estabilidade da obra, podendo acarretar danos preocupantes e incalculáveis.

4.1.2 Características dos Materiais

Os materiais e a energia são empregados com o objetivo de aperfeiçoar a vida do ser humano. Compreender as propriedades dos materiais é indispensável para que estruturas da construção civil ou os materiais a serem utilizados não fiquem confinados à deterioração e falhas, de forma a comprometer a estabilidade e segurança da obra. Os materiais mais aplicados na engenharia apresentam características e comportamentos distintos, podendo,

desta forma, terem diversas classificações que permitem diferenciá-los entre si (ASSUNÇÃO, 2005). Dentre algumas destas classificações, Somayaji (1995) sugere que os materiais utilizados na engenharia devam estar organizados em três grupos de acordo as suas propriedades, sendo estes: propriedades físicas, químicas e mecânicas.

As propriedades físicas são aquelas coletadas e observadas, mas sem que aconteça a alteração química da matéria. Dentre estas, pode-se citar: cor, estado físico, dureza, massa, temperatura, ponto de fusão, porosidade, ponto de ebulição, densidade, permeabilidade e forma.

As propriedades químicas caracterizam-se pela estruturação e capacidade de se reorganizar em um novo arranjo por reação dos mesmos. O arranjo pode ser de carbonatos, óxidos, silicatos, etc. Outras características químicas podem ser: alcalinidade, acidez e resistência à corrosão.

Já as propriedades mecânicas refletem o comportamento de resposta do material quando este é submetido à aplicação de uma carga ou força, que podem ser: plasticidade, resistência, dureza, capacidade de deformação, rigidez, elasticidade, ductilidade, etc. A propriedade resistência é a de destaque entre estas, que é a característica de um elemento em estrutura ou máquina de resistir à ruína, que se separa em resistência à tração, à compressão, à flexão, ao cisalhamento, à torção ou ao impacto.

Outras características podem ser de critério térmico, elétrico, magnético, acústico ou óptico. A propriedade térmica é muito relevante nas deformações devido ao gradiente de temperatura; as acústicas nos retraimentos de geradores sonoros; e as ópticas no comportamento da passagem de luz. As propriedades elétricas e magnéticas são importantes no campo da transmissão de energia.

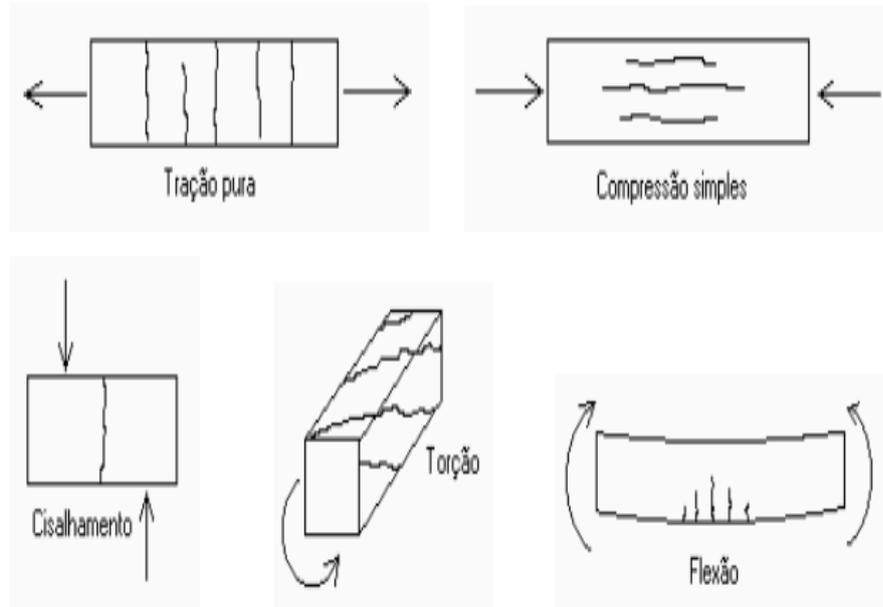
4.1.3 Comportamento dos materiais submetidos à fissuração

As tensões normais e as tensões tangenciais são as tensões básicas em que os corpos podem estar submetidos. De acordo com Assunção (2005), as tensões normais podem ser tanto de compressão quanto de tração, enquanto as tensões tangenciais podem ser de torção ou de cisalhamento.

Para o autor, flexão é definida como a combinação - levando em consideração um mesmo plano - de tração e compressão. Também podem ocorrer outras combinações, por

exemplo, pilares estão sujeitos à flexo-compressão; as vigas por sua vez sujeitas à flexão e ao cisalhamento; os tirantes à flexo-tração, e assim em diante. Alguns modelos característicos de fissurações causadas por essas tensões básicas estão representados na figura 02.

Figura 02 - Modelos característicos de fissurações causadas por tensões básicas



Fonte: ASSUNÇÃO, 2005, p. 10.

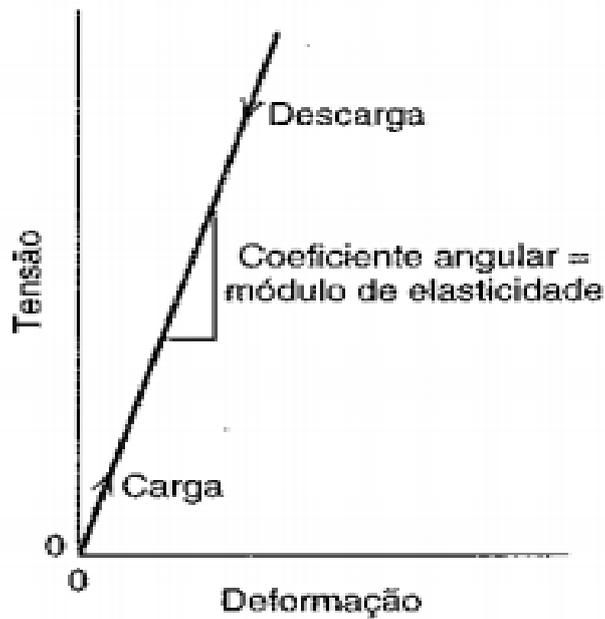
Na engenharia é necessário ter grande responsabilidade, principalmente em relação aos materiais utilizados, já que estes precisam cumprir o papel de responder adequadamente às exigências a eles impostas, como resistência, rigidez, ductilidade, tenacidade, elasticidade, plasticidade e durabilidade (ASSUNÇÃO, 2005).

Segundo Callister (2000), o processo em que a tensão e a deformação são proporcionais é denominado de deformação elástica; o gráfico de tensão (ordenada) em função da deformação (abscissa) resulta em uma relação linear, de acordo com o que está apresentado na figura 03. A inclinação (coeficiente angular) deste segmento linear corresponde ao módulo de elasticidade (E). Este, pode ser considerado como a rigidez ou a resistência que o material possui à deformação elástica. Com isso, quanto maior for o módulo de elasticidade, mais rígido será o material ou menor será a deformação elástica que resultará da aplicação de certa tensão. Esse módulo é um importante parâmetro de projeto usado para calcular flexões elásticas.

O material tem comportamento elástico quando após a retirada da carga aplicada, volta

ao seu estado original. Com isso, é possível atestar que a deformação elástica não é permanente. A figura 03 representa o gráfico de tensão-deformação em que a aplicação da carga consiste no movimento para cima a partir da origem e ao longo da linha reta. Com a retirada da carga, a linha é percorrida na direção oposta de volta a origem (CALLISTER, 2000).

Figura 03 - Diagrama tensão – deformação



Fonte: CALLISTER, 2000, p. 83.

Através do módulo de elasticidade é possível obter a rigidez de um material. A definição de limite elástico consiste na máxima tensão imposta a este, visto que ao remover essa tensão, o mesmo volta às suas dimensões e formato original. Assim, o módulo de elasticidade, expresso em Pascal (N/m²), é determinado pela relação entre tensão e deformação elástica reversível, dado pela Eq. 01 (ASSUNÇÃO, 2005):

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{Eq. (01)}$$

Sendo que:

ε é a deformação (adimensional) e

σ é a tensão (expressa em N/m²).

O módulo cortante ou módulo de elasticidade ao cisalhamento (E) é definido pela

relação entre a tensão e a deformação, ambas por cisalhamento. Tendo em vista a complexidade de determinação da deformação por cisalhamento, o módulo de elasticidade transversal G , expresso em Pascal (N/m^2), pode ser dado em função de E , pela Eq. 02:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad \text{Eq. (02)}$$

Sendo que:

ν é o coeficiente de Poisson (adimensional).

Diante dos problemas de fraturas, torna-se fundamental a descrição de algumas das características e comportamentos dos materiais. Sobre a resistência, os materiais podem ser muito ou pouco resistentes. Define-se como resistência a medida de tensão determinada para romper um determinado material (ASSUNÇÃO, 2005).

Para Callister (2000), a ductilidade é uma propriedade mecânica de grande importância do material. Esta consiste na medida do grau de deformação plástica que foi suportado até o momento da fratura. O material é chamado de frágil quando possui uma deformação plástica mínima ou até mesmo nenhuma no momento em que ocorre a ruptura, ao contrário dos materiais que são considerados dúcteis.

Já a tenacidade é um termo que consiste em representar a medida da habilidade do material em absorver energia até o momento da fratura. Geralmente, a ductilidade e a tenacidade de um material são inversamente proporcionais à resistência, isto é, quanto mais resistente for o material, menos tenaz e dúctil o mesmo será. Além disto, os materiais podem ser plásticos, não plásticos, elásticos ou não elásticos. Os materiais elásticos voltam às suas formas originais quando a carga aplicada é retirada, enquanto os materiais plásticos, na medida em que a carga aplicada é retirada, sofrem uma deformação relativa à sua forma original (CALLISTER, 2000).

Sobre à homogeneidade, os materiais podem ser homogêneos ou heterogêneos. Os materiais homogêneos são aqueles que ao serem reduzidos em um corpo de tamanho pequeno, suas propriedades se mantêm constantes. Em contrapartida, os materiais cujas propriedades se alteram em função da redução de um corpo de tamanho pequeno, são denominados heterogêneos. Em síntese, as propriedades de maior importância quando o tema está vinculado a patologias como fissuras, trincas, fendas, rachaduras ou qualquer outro tipo de fratura, são a homogeneidade, a ductilidade, plasticidade e elasticidade (ASSUNÇÃO, 2005).

4.1.4 Primeiras fissuras no compósito concreto

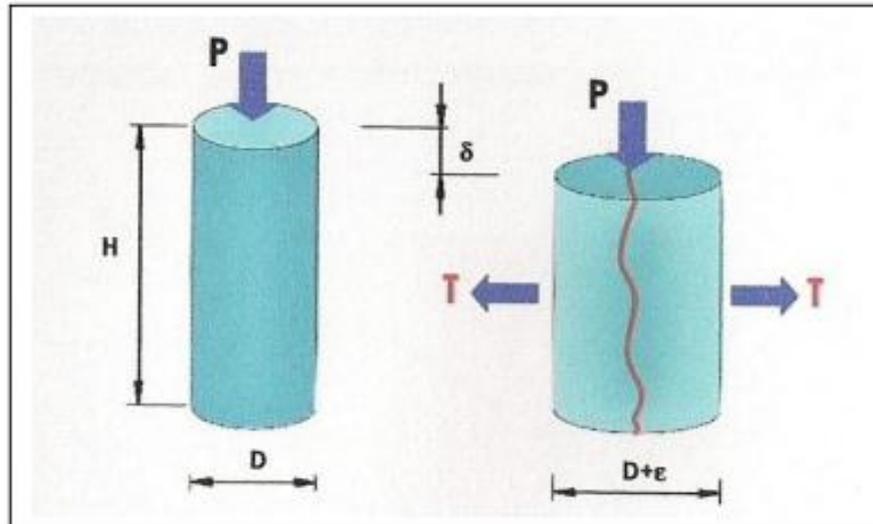
O concreto é um material compósito, de custo relativamente baixo, fácil manutenção e durável quando este é manipulado de forma correta para sua aplicação na construção civil, seja no levantamento estrutural, nas camadas de revestimento ou no nivelamento para o piso. De acordo com Junior (2015), o concreto é uma mistura de cimento, água e agregados. Estes agregados podem ser miúdos, que consistem em areia, e os graúdos, que são as britas, materiais que influenciam diretamente nas propriedades do concreto. Saber informação das características dos agregados é uma exigência para a dosagem do concreto. A aplicação deste consiste em peças extensas e contínuas, podendo ser moldado de acordo com o projeto desejado, visto que o mesmo apresenta elevada resistência e durabilidade e uma boa impermeabilidade (ASSUNÇÃO, 2005).

A fase de pega do concreto é o estágio em que o cimento dá início a reações com a água, sendo esta uma reação exotérmica, o que ocasiona a liberação de energia na forma de calor e conseqüentemente um aumento de temperatura. Se a superfície recém concretada estiver com pouca água, a reação tende a liberar um excesso de calor e logo desencadeia a retração rápida do material concreto, proporcionando o surgimento de aberturas como fissuras ou trincas. Para evitar o surgimento deste tipo de patologia, a fase de cura tem por finalidade permitir o concreto úmido/molhado por um tempo mínimo de sete dias, prevenindo que fatores externos naturais como a radiação, temperaturas altas do ambiente, ventos e a baixa umidade do ar não atrapalhem o endurecimento. As fissuras originadas por recalques de fundação, sobrecargas e flechas excessivas são os agentes mais comuns para o aparecimento deste tipo de patologia (TERZIAN, 2001)

4.1.5 Mecanismo de formação de fissuras

De acordo com Valle (2008), os componentes e elementos que constituem uma construção estão submetidos a variações que ocasionam alteração dimensional, movimentos de contração e dilatação que podem causar aparecimento de fissuras.

Figura 04 - Mecanismo de formação de fissuras



Fonte: VALLE, 2008, p. 16.

Assunção (2005) atesta que as ocorrências de deformação e fissuração estão completamente interligadas, e empiricamente sempre uma realimenta o outro. Com isso, sanciona-se um círculo repetitivo onde há um processo de realimentação. Este processo evidencia que o comportamento de materiais e os mecanismos em engenharia de estruturas estão intimamente associados e não separados ou isolados, mas sim, apresentam-se de uma maneira complexa.

De acordo com o exposto, serão abordadas algumas causas da formação dessas patologias, tais como: fissuras causadas por recalques de fundação, por sobrecarga ou acúmulo de tensões e também por retração do cimento.

4.2 PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES

Patologia das edificações é uma fração da engenharia que busca analisar os principais fundamentos dos problemas e as modificações resultantes nos comportamentos estruturais e funcionais que surgem como consequência de situações desfavoráveis. Desta forma, tal ramo estuda os fatores que geram deformidades possibilitando assim apontar a respectiva correção da falha. Cremonini (1998) explica patologia das edificações como o campo da engenharia que se envolve com os edifícios e seus elementos que já não oferecem um rendimento, bem-estar e segurança para aqueles que o usufruem, estudando as falhas por meio das reações patológicas, os fatores que as ocasionam, além de registro de casos e seus impactos.

De acordo com o grupo de Patologia das Construções, da EPUSP, o termo patologia das edificações está envolvido com o estudo das origens, causas, mecanismos de ocorrência, ações consequentes de acontecimentos em que os edifícios ou suas partes desenvolvem um comportamento abaixo do mínimo pré-estabelecido (FERREIRA; LOBO; RENOFIO, ano desconhecido).

De uma maneira geral, a patologia em edificações é responsável pela procura das deformidades em materiais e principais elementos presentes em uma obra ou edificação como um todo a partir de suas manifestações com o intuito de identificar as causas, de modo a estabelecer parâmetros de recuperação e prevenção (RIPPLINGER, 2011). Os problemas associados às patologias geralmente são estimulados por intermédio de agentes agressivos, aos quais o edifício é incapaz de se adequar em momento oportuno. A ação do agente agressivo dificilmente possui um valor absoluto. Mediante a variedade de edifícios explícitos à ação das mesmas condições de exposição, grande parcela passa a apresentar questões problemáticas e outras não, e, ademais, entre aqueles que os apresentam, uns denotam quadro crítico, enquanto outros, atenuado (VALLE, 2008).

De acordo com Ripplinger (2011), algumas das causas principais para os defeitos das edificações podem ser atribuídas à evolução da tecnologia dos materiais, das teorias estruturais e dos processos construtivos, da rapidez da construção juntamente com a má gestão de qualidade, deficiência profissional, normalização e manutenção.

Sendo os elementos estruturais a base de concreto armado um dos métodos de construção de maior utilização no Brasil, existe uma grande quantidade de edificações no país que apresentam diversas patologias. Tais problemas podem ocorrer nas diversas etapas de uma obra, e por isso, faz-se necessário estudar as causas anteriores mais comentadas, de forma a minimizar ou até mesmo extinguir o número de problemas que venham a acontecer futuramente. A manifestação de patologias desencadeia uma série de prejuízos tanto para o cliente como para o construtor, uma vez que os custos de uma possível intervenção que seja realizada posteriormente a uma entrega de obra são maiores equiparando-se aos custos de uma execução adequada e realizada corretamente (GONÇALVES, 2015).

A ausência de manutenções periódicas faz com que pequenas manifestações patológicas, que inicialmente teriam somenos custos de recuperação, transformem-se em contextos insatisfatórios com ambientes insalubres, de aparência estética deficiente, de admissível insegurança estrutural e de custos de recuperação altamente elevados (GONÇALVES, 2015).

Todo conhecimento nesta área é de extrema importância tendo em vista que, ao saber distinguir as falhas nas quais as construções estão submetidas a apresentarem, torna-se possível evitar a ocorrência destas. Os elementos das edificações estão suscetíveis ao desgaste e conseqüentemente a uma perda de comportamento. Estas ocorrências acontecem de forma natural já que estes materiais possuem um tempo de vida útil. Este processo pode ser acelerado por diversos fatores no período de construção, uma vez que se o componente não alcançar um rendimento, por menor que seja, este provoca uma falha (CREMONINI, 1998).

4.2.2 FUNDAÇÕES

4.2.2.1 Recalque Diferencial de Fundações

Os solos são um substrato complexo, compostos por um conjunto de partículas com água (ou outro líquido) e ar nos espaços intermediários. As partículas de maneira geral encontram-se livres para deslocar-se entre si. Quando os solos são submetidos à aplicação de cargas externas, deformam-se com base na sua composição e características. Usualmente, ao serem destinados a uma respectiva tensão, ou seja, a aplicação de uma força por determinada área, conseqüentemente surgem os recalques, descritos como um deslocamento do conjunto estrutural do solo ou parte dele na direção vertical. O fenômeno do adensamento das fundações sobre argilas é um processo gradual de redução de volume de uma camada de solo saturada e de baixa permeabilidade devido à drenagem da água intersticial até a completa dissipação do excesso de poro-pressões induzido pela ação do carregamento externo imposto ao solo (PINTO, 2006).

Conseqüentemente, os recalques por adensamento ocorrem com o decorrer do tempo por intermédio de dois fatores. O primeiro deles é a compressão do solo, definido como o processo pelo qual uma massa de solo - sob a ação de cargas - varia de volume e deforma-se mantendo sua forma. Como a compressão do solo consiste na diminuição do volume de seus poros, sucede-se a diminuição do índice de vazios, o que proporciona o aumento da resistência do mesmo. O segundo fator é o escoamento natural da água, uma vez que este comprime o solo e proporciona o retardamento do recalque conforme a variação do tempo. Desta forma, os recalques devidos ao adensamento são nomeados como recalques diferidos. No caso das areias, que são altamente permeáveis, registram-se recalques primários em períodos rápidos, todavia, no caso das argilas, que são solos menos permeáveis, apesar de terem mais espaços vazios entre partículas, a materialização só se dará em tempo de médio a longo prazo (VARGAS, 1978).

A NBR 6122 (2010) define recalque como sendo o movimento vertical descendente de um elemento estrutural. Se for movimento ascendente, nomeia-se levantamento. Além disso, define-se como recalque diferencial específico a relação entre as diferenças dos recalques de dois apoios e a distância entre os mesmos.

Quando o contato entre a fundação e o solo se rompe ocorre o recalque de fundações, ocasionando assim um afundamento da fundação mais do que foi planejado. É denominado recalque total, quando o deslocamento vertical ocorre em toda a fundação, e recalque diferencial, quando tal deslocamento ocorre somente em certo trecho (CALISTO; REGIANE, 2015). Ainda, de acordo com os autores, em toda obra de engenharia existe a ocorrência de recalque em fundações, tendo em vista a importância dos recalques admissíveis nas análises e projetos de fundações para se determinar um limite e a partir daí identificar os problemas em relação à segurança ou o desempenho da estrutura. Os danos provindos dos recalques podem ser classificados em três grupos: visuais e estéticos, isto é, sem nenhum risco; os que comprometem o uso e a funcionalidade da edificação; e os estruturais, que colocam em risco a segurança dos usuários.

Pode-se definir como fundação o resultado da necessidade de transmissão de cargas ao solo por meio da construção de uma estrutura. O seu desempenho em longo prazo pode ser modificado por diversos fatores, a princípio por aqueles provindos do projeto propriamente dito, que consiste no conhecimento sobre o solo, seguido pelos procedimentos construtivos e por fim por efeitos de acontecimentos pós-implantação, contendo sua possível degradação (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015).

As fundações são elementos que tem por objetivo transmitir as cargas de uma edificação para as camadas resistentes do solo sem causar ruptura do terreno da fundação (CALISTO; REGIANE, 2015). São divididas em dois grandes grupos: fundações diretas (rasas) e fundações profundas, previstos na norma ABNT NBR 6122.

a) Fundações Superficiais;

A definição do termo fundação superficial está descrito a seguir:

Elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. (ABNT 6122, 2010a, p. 2).

b) Fundações Profundas.

A definição do termo fundação profunda está descrito a seguir:

Elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 m. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões. (ABNT 6122, 2010a, p. 2).

4.2.2.1.1 Recalque diferencial devido a erros de projetos

A construção de edifícios mais altos proporciona maiores cargas no solo e como consequência, maiores recalques. A hipótese de recalques é muito importante, principalmente no que diz respeito à construção de edificações de grande porte (OLIVEIRA, 2012). No que se refere às razões do aparecimento de recalques, Silveira (2001) afirma que na maior parte das vezes os projetos não consideram alguns aspectos, como:

- Incorreções nos levantamentos geotécnicos;
- Insuficiência de levantamentos;
- Superestimação do SPT por conter matacões;
- Falta de homogeneidade do terreno;
- Flutuações do nível da água;
- Sondagens ou ensaios;
- Fossas;
- Presença de aterro ou entulho;
- Ocorrência de crateras ou vazios em solos calcários;
- Lixiviação de solos devido ao rompimento de tubulações;
- Problemas de dissipação de energia no amostrador.

De acordo com Assunção (2005), a ocorrência de erros em projeto pode ser originada quando a taxa de tensão no terreno não é constante e no projeto aplicam-se cargas na extensão do terreno desconsiderando-se esta citada variação. A maneira correta consiste na realização de medidas de acordo com o mapa de cargas, fazendo com que a pressão no solo se mantenha constante e garantindo assim a segurança e estabilidade da fundação. Outro erro acontece quando o assentamento de fundações é efetuado sobre matacões ou em uma camada pouca espessa onde há solos moles ou fofos. Além destes, o mau dimensionamento de estacas é

considerado como outra falha, visto que existe a possibilidade de incidência do atrito negativo entre as mesmas, quando estas se encontram cravadas muito próximas umas das outras. Ademais, outros erros são suscetíveis quando fundações são assentadas em camadas com SPT (N) diferentes e por fim, quando obras são assentadas sobre fundações de rigidez diferenciadas.

4.2.2.1.2 Recalque diferencial devido a erros de execução

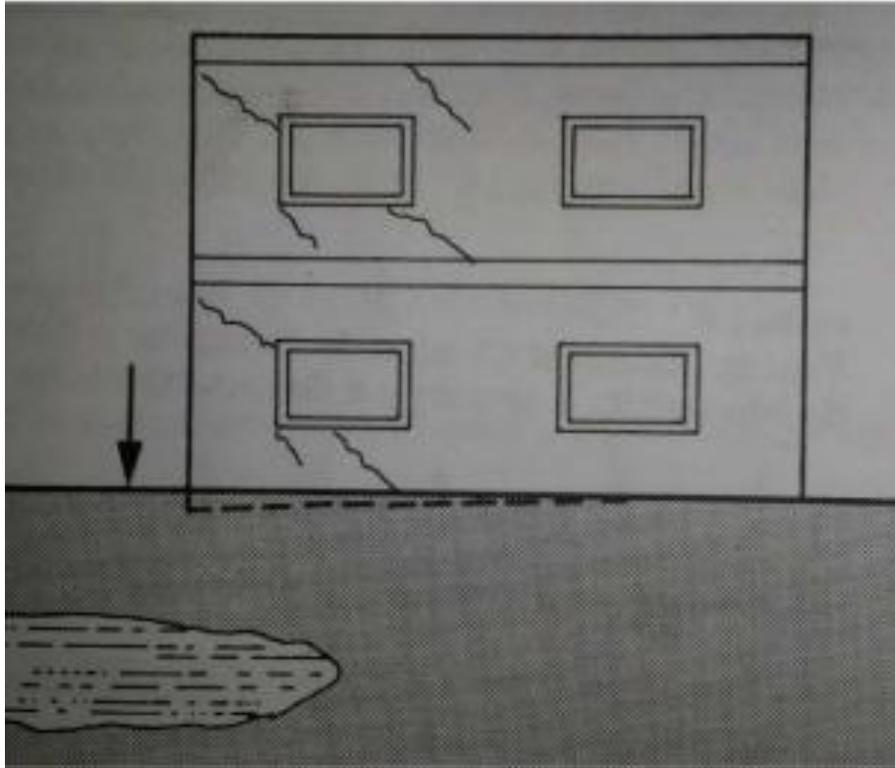
É fundamental que a etapa de execução no processo de construção civil tenha início somente após o término da etapa de concepção com a finalização de todos os estudos e projetos que lhe são pertencentes. Assumindo que tal fase tenha ocorrido com sucesso, a etapa de execução pode ser iniciada, sendo esta a primeira atividade a ser realizada no planejamento da obra. A ocorrência de problemas patológicos relacionados a erros de execução é resultado, basicamente, de processos de produção, uma vez que estes refletem de imediato, problemas socioeconômicos e com isso ocorra uma baixa qualificação técnica (SOUZA, 1998).

Os erros de execução podem originar o recalque diferencial entre os elementos verticais como tubulões, pilares e estacas. Os recalques diferenciais causados por erro de execução são oriundos de casos como: recalque em fundações profundas com estacas escavadas com grandes diâmetros – por ter terra solta ou lama betonítica na base da estaca; como também, o desvio da ponta da estaca metálica ou pré-fabricada de concreto por conter matacões (ASSUNÇÃO, 2005).

4.2.2.1.3. Recalque diferencial devido a problemas no solo

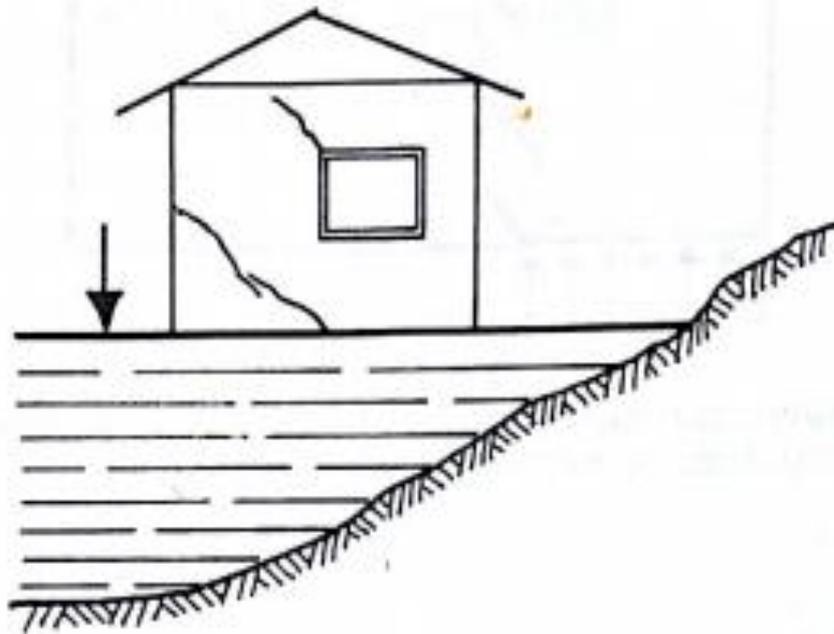
Quando se fala em interação estrutura/solo, problemas relacionados a recalque são vitais. Outro fato que pode causar o recalque diferencial em pilares, estacas e tubulões, é a falta de homogeneidade do solo, conforme ilustra a figura 05, ou seja, as alvenarias terão tensões incompatíveis com a sua capacidade de aguentar tais deformações. Há também a consolidação distinta do aterro carregado, isto é, quando as camadas mais altas do aterro recalcam mais do que as mais baixas, como mostra Figura 06. Outro caso semelhante, porém, de caráter mais grave, é o assentamento de fundação sobre aterro e corte que consiste no aparecimento de uma grande trinca vertical na qual a seção muda de aterro para corte, prevendo a separação da edificação em dois corpos, de acordo com a Figura 07 (ASSUNÇÃO, 2005).

Figura 05 - Recalque diferencial por falta de homogeneidade do solo



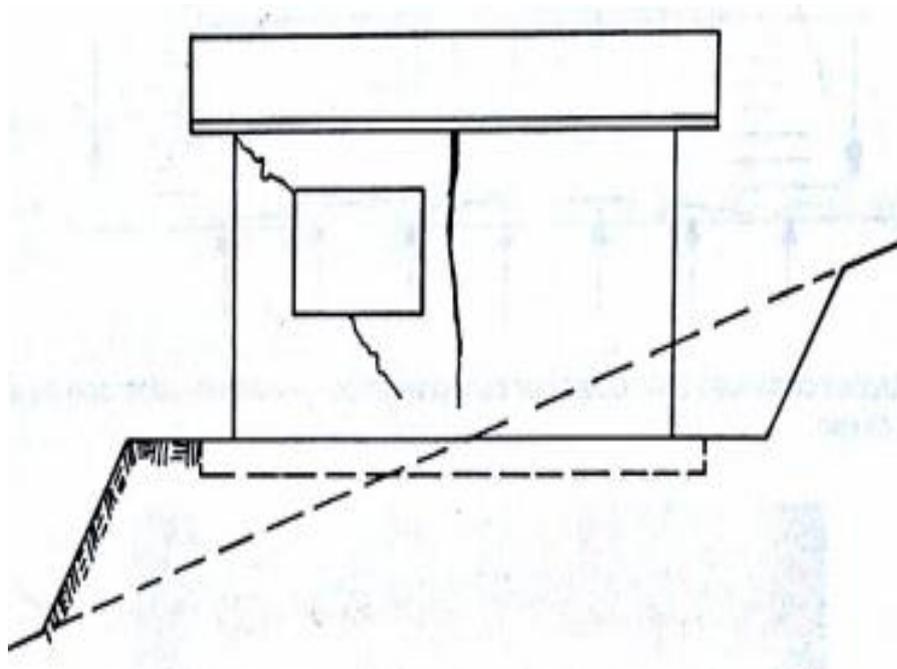
Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p.100.

Figura 06 – Recalque diferencial por consolidações distintas do aterro carregado



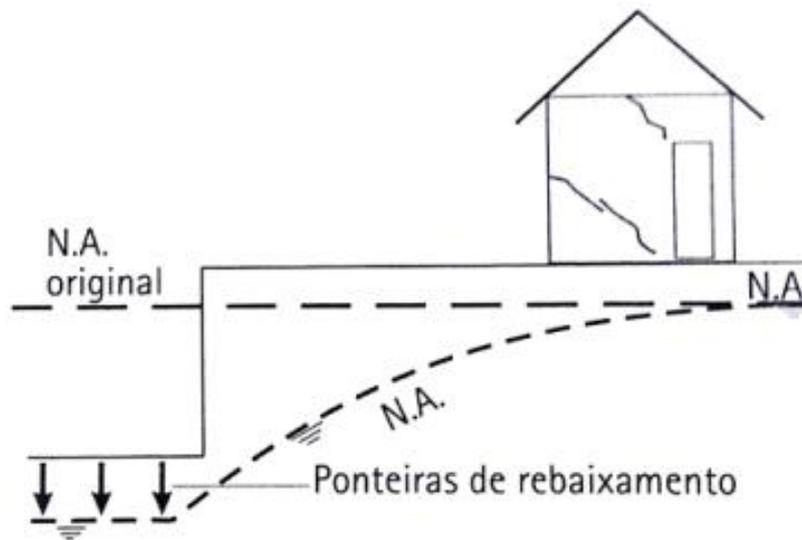
Fonte: THOMAZ, 1989, p. 96.

Figura 07 - Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro



Fonte: THOMAZ, 1989, p. 96.

Figura 08 - Recalque diferencial por rebaixamento do lençol freático

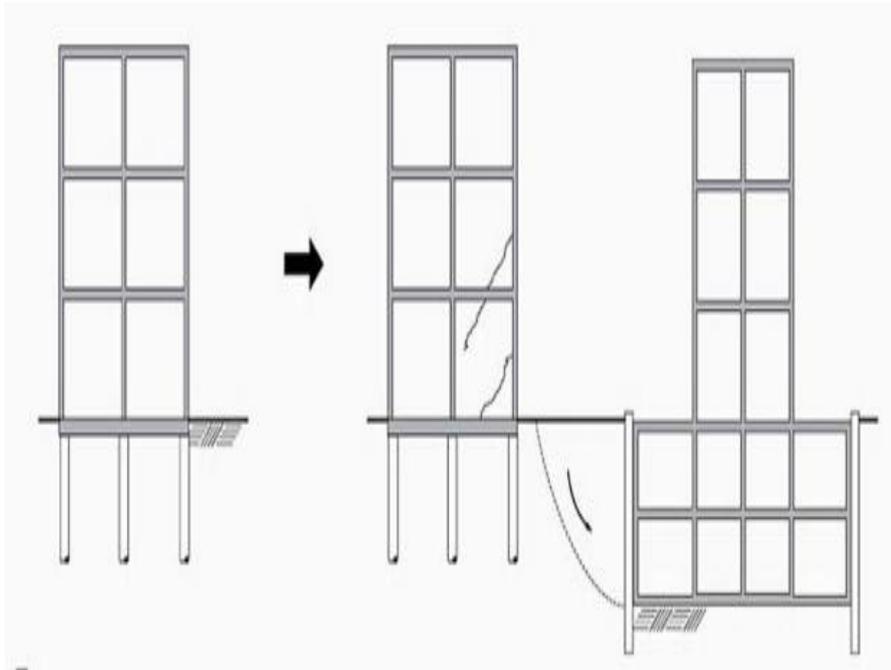


Fonte: MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2015.

A figura 08 ilustrada acima também apresenta outra situação bastante comum que possibilita a origem de recalque diferencial, o rebaixamento do lençol freático. A face da edificação suscetível a maiores danos é a que estiver localizada onde ocorrer maior rebaixamento do lençol (ASSUNÇÃO, 2005).

Thomaz (2001) diz que a elevação do nível do lençol freático é um caso de difícil ocorrência, mas caso aconteça, ocasionará sérios riscos, como por exemplo, o enchimento de lagos a partir de barragens. A presença da água nas fundações favorece a deformabilidade de solos argilosos, visto que a mesma propicia a este tipo de solo, danos de consistência, já que podem se tornar moles ou muito moles, sucedendo assim a diminuição da sua capacidade de carga.

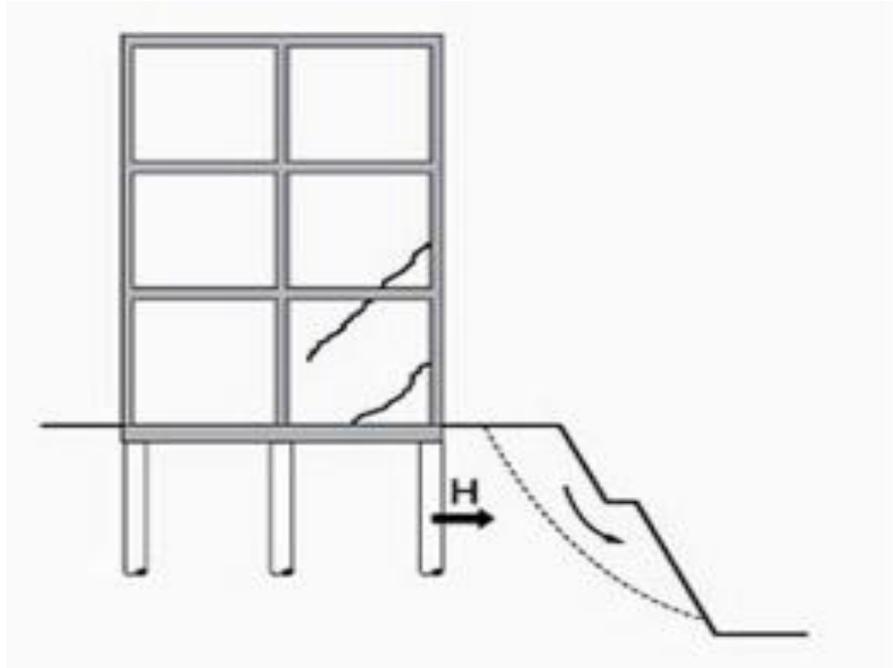
Outro caso que pode ser citado é o desconfinamento de fundações rasas, uma vez que esta situação possui a capacidade de ocasionar recalque nas sapatas, diminuindo a resistência do solo. Sobre este caso, pode-se relacionar a escavação de dois ou três níveis de subsolo bem próximo de um edifício já construído, como demonstra a figura 09 (THOMAZ, 2001).

Figura 09 - Recalque diferencial por desconfinamento do solo

Fonte: THOMAZ, 2001, p. 03.

Quando ocorrem escavações de valas no perímetro da edificação, formam-se taludes instáveis que podem promover sérios riscos. Estes taludes provocam a flambagem das fundações profundas lineares, principalmente as estacas de seções reduzidas, estacas metálicas ou do tipo Strauss. Há um problema maior quando a edificação é sobre pilotis e não há cintamento de travamento entre a estrutura e a fundação. A Figura 10 representa as trincas causadas pela flambagem (THOMAZ, 2001).

Figura 10 - Atuação de força horizontal nos elementos da fundação, pela instabilização de talude

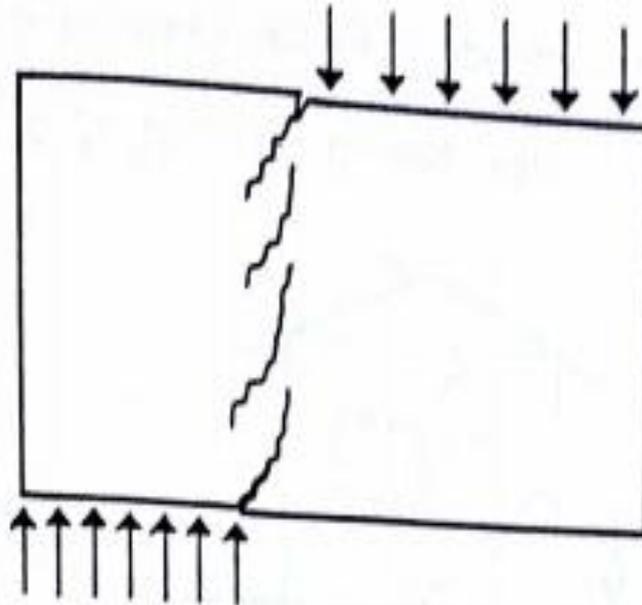


Fonte: THOMAZ, 2001, p. 04.

Os perfis de terreno que apresentam camadas subjacentes com SPT (Ensaio de Sondagem à Percussão) menor que a camada sobrejacente são suscetíveis à ocorrência de recalques por adensamento de camadas profundas. Caso isso ocorra, é necessário que seja feita uma análise de recalques pelo processo teórico (SILVEIRA, 2001).

Quando o carregamento é desbalanceado, ou seja, quando parte da estrutura encontra-se mais carregada que a outra, o trecho com maior carga apresenta um recalque maior, proporcionando assim o surgimento de trincas de cisalhamento, como mostra a figura 11 (ASSUNÇÃO, 2005).

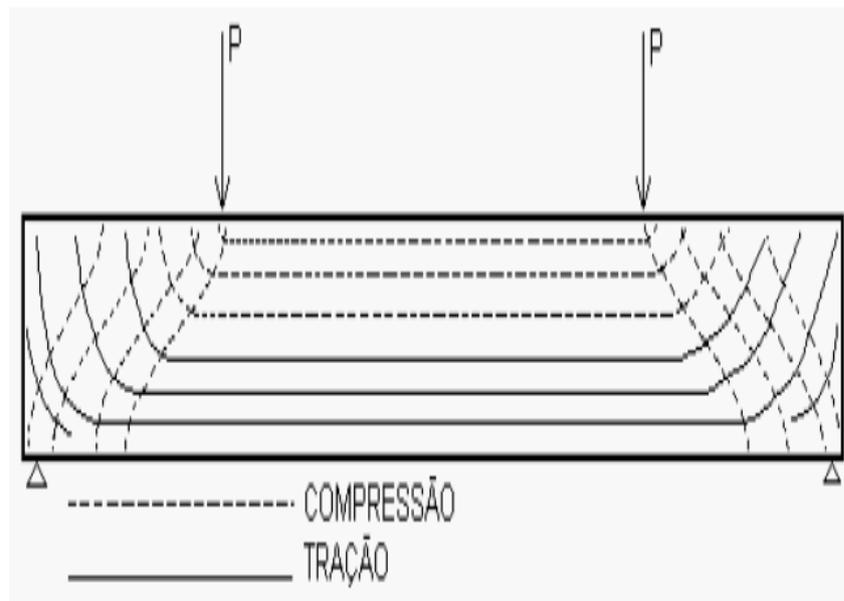
Figura 11 - Fundações contínuas solicitadas por cargas desbalanceadas



Fonte: CASTRO, 2010.

4.2.3 SOBRECARGA OU ACÚMULO DE TENSÕES

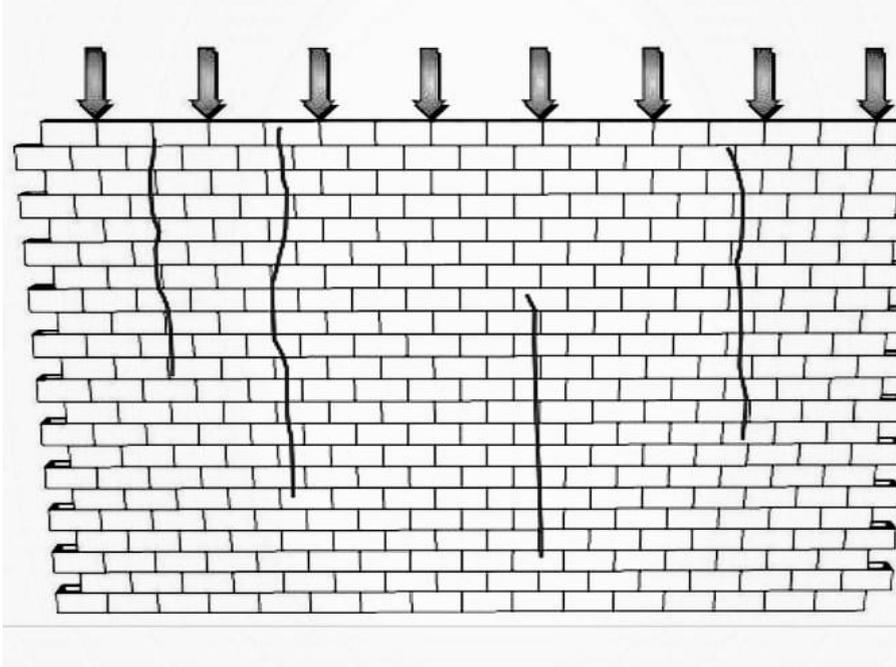
As ocorrências comuns de fissuras em elementos estruturais iniciam-se em extensões normalmente pequenas e podem passar despercebidas da análise humana. Todavia, se estas adquirirem maiores dimensões, há o apontamento direto de um problema, tendo como fator contribuinte a sobrecarga acima daquela prevista no projeto. Numa viga isostática biapoiada submetida aos esforços de vigas na flexão simples, as fissuras irão manifestar-se perpendicularmente aos esforços de tração, uma vez que nas linhas tracejadas ocorrem esforços de compressão e nas linhas cheias - que são perpendiculares às tracejadas - ocorrem esforços de tração, conforme ilustra a figura 12. O grau de fissuração, assim como a quantidade, pode ser classificado em função de inúmeras variantes, dentre elas, a intensidade da sobrecarga (SÜSSEKIND, 1987).

Figura 12 – Flexão simples de uma viga isostática

Fonte: SÚSSEKIND, 1987, p.376.

A atuação de cargas extras, esperadas ou não em projetos, pode originar o aparecimento de fissuras nos componentes estruturais e naquelas que não comprometem a estabilidade da construção cuja função é de vedação. Com base em Roça (2014), por meio da ação de cargas extras distribuídas uniformemente aplicadas a uma viga, como reação, esta transfere a sobrecarga para a alvenaria. Como consequência, a argamassa empregada no assentamento de tijolos tende a deformar-se no sentido transversal, transmitindo a carga para os tijolos ou blocos utilizados. Como estes não resistem à tração, logo reagem naturalmente, promovendo o surgimento de fissuras comumente verticais.

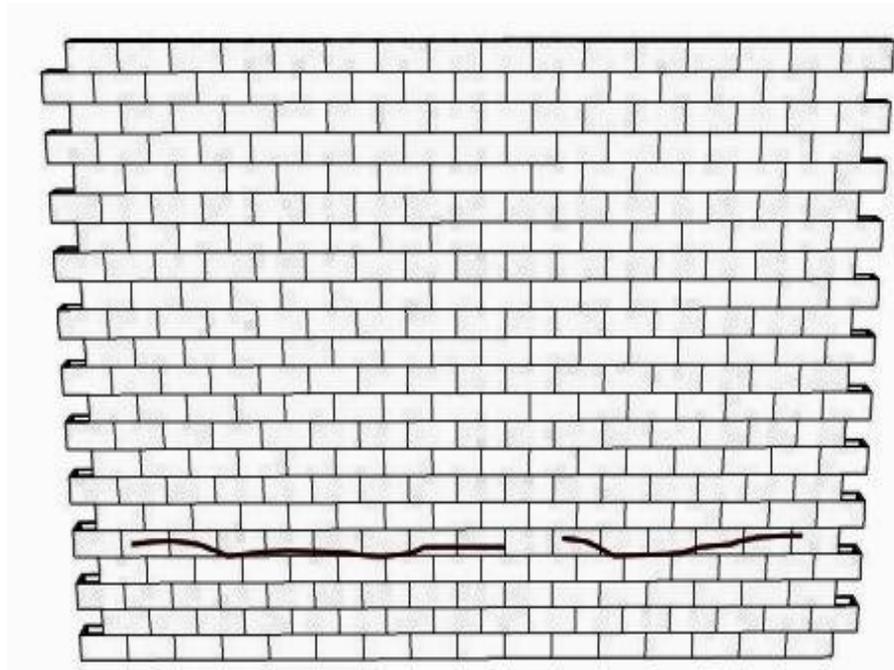
Figura 13 - Fissuras verticais na alvenaria devido ao excesso de carga uniformemente distribuída



Fonte: ROÇA, 2014, p. 36.

Quando o excesso de carga é aplicado com uma distribuição uniforme, existem dois tipos de reações características, conforme diz Thomaz (1989):

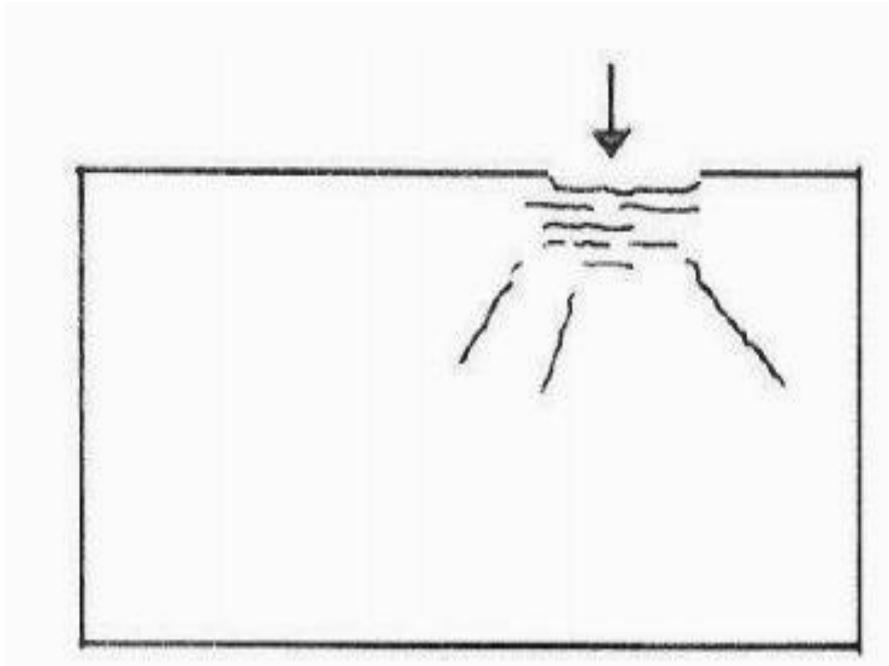
- a) Trincas verticais: estas são as mais comuns e registradas, e surgem devido à transmissão de cargas para a alvenaria, o que ocasiona um deslocamento de sentido transversal da argamassa por efeito de tensões compressivas ou de flexão;
- b) Trincas horizontais: ocasionadas por meio da ruptura por compressão dos elementos que compõem a alvenaria ou ainda de solicitações de flechas excessivas em vigas e lajes.

Figura 14 – Fissuras horizontais

Fonte: ROÇA, 2014, p. 37.

Em casos em que a aplicação de uma sobrecarga seja pontual ou exibe um comportamento concentrado, existe a possibilidade de o elemento que recebe este excesso se confinar e por fim sofrer uma ruptura tendo como resultado a sua quebra. De acordo Thomaz (1989), a reação da sobrecarga aplicada pode ocasionar a ruptura da alvenaria e a manifestação de fissuras inclinadas a partir do ponto de aplicação.

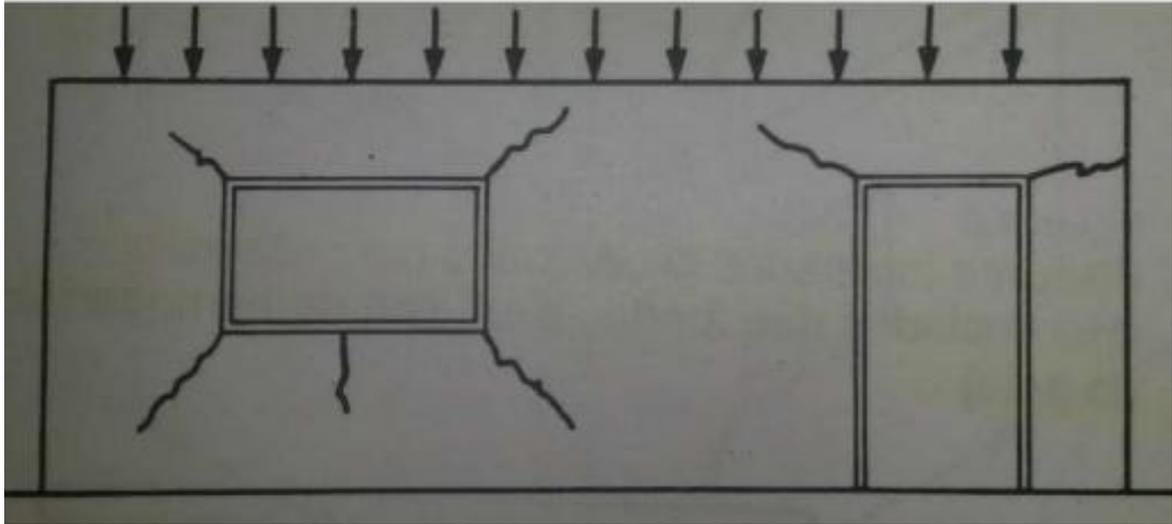
Figura 15 - Ruptura localizada da alvenaria sob o ponto de aplicação da carga e propagação de fissuras a partir desse ponto



Fonte: ROÇA, 2014, p. 39.

Em trechos com a presença de vãos na alvenaria estrutural, como as que são realizadas para a abertura de futuras portas e janelas, as tensões irão se concentrar e incidir no entorno dos mesmos. Obras em que não são empregados o uso de vergas e contravergas - sendo estas pequenas vigas dispostas na alvenaria que auxiliam na repartição de tensões de portas e janelas - as fissuras surgirão posicionadas a partir dos vértices das aberturas (BAUER, 2014).

Figura 16 – Fissuração comum em vãos com ausência de vigas para suporte na distribuição de tensões



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p.100.

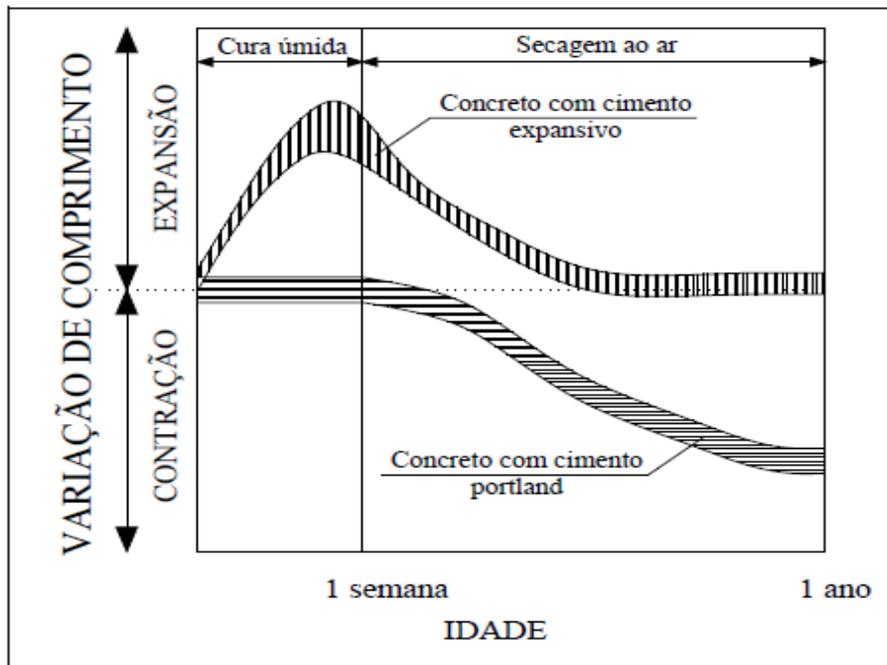
4.2.4 RETRAÇÃO DO CONCRETO

A diminuição de volume de concreto após este ser aplicado nas fôrmas propicia o aparecimento de deformações nomeadas como retração. Esta diminuição ocorre devido a fatores como a perda de água de amassamento por evaporação, mudança de temperatura no resfriamento, fenômenos químicos ligados ao calor de hidratação do cimento e também pela alteração de volume no estado plástico. A deformação por retração é adimensional e expressa como porcentagem (%) por meio da razão da variação de comprimento pelo comprimento total, sendo o parâmetro L representado como unidade de comprimento (m/m; cm/cm; mm/mm) conforme a Eq. 03 (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

$$\text{Deformação por retração (\%)} = \frac{\Delta L}{L} \times 100 \quad \text{Eq. (03)}$$

Quando essas retrações são bloqueadas de se dissiparem, torna-se passível o aparecimento de tensões de tração que podem ocasionar a fissuração do concreto (MEHTA & MONTEIRO, 2008). Alguns procedimentos são eficientes no que se refere à redução do efeito das respectivas fissurações por retração como, por exemplo, o uso de cimento expansivo, a utilização de aditivos químicos e a fase de cura do concreto (AMARAL, 2011).

Figura 17 - Efeito da cura e do cimento expansivo



Fonte: MEHTA & MONTEIRO (2008).

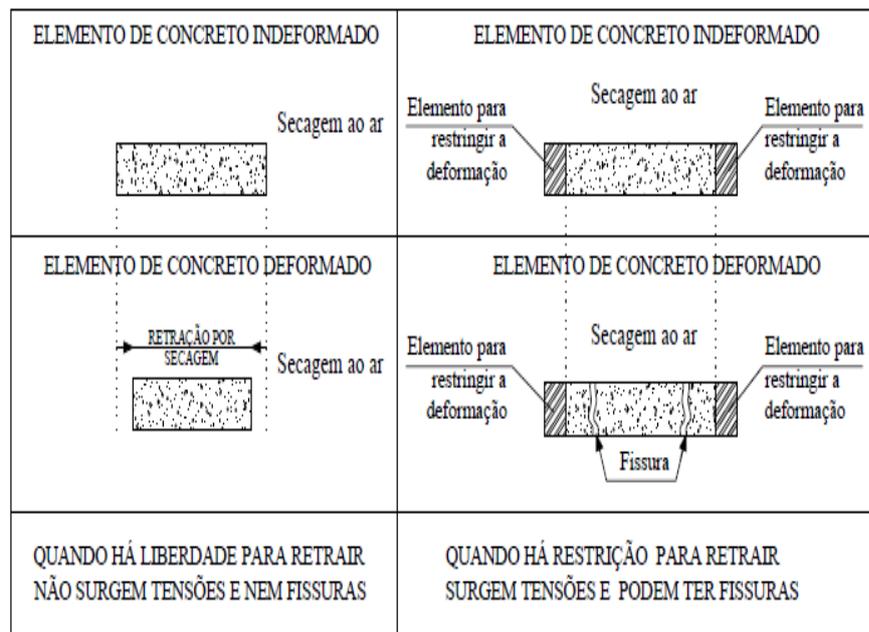
Em relação aos tipos de retração, conforme Amaral (2011) e ACI (2005), estes podem ser distinguidos em:

- a) Retração química: constitui-se na minimização macroscópica do volume de materiais a base de cimento devido às reações do calor de hidratação que ocorre naturalmente neste material por intermédio de análises em ambientes isotérmicos e isolados e sem adição de qualquer substância extra;
- b) Retração por secagem da água: consiste na redução de volume devido à secagem em que há perda de água do elemento concreto para o ambiente. Este parâmetro depende diretamente das extensões do elemento de concreto;
- c) Retração por carbonatação: Redução de volume pela reação do hidróxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$ presente na matriz de cimento com o dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera;
- d) Retração plástica: Redução de volume pela superioridade da taxa de perda de água da superfície do elemento em relação à taxa disponível de água exsudada (surgimento de água na superfície do concreto após seu lançamento e adensamento). Este tipo de retração corre antes

do endurecimento da pasta de cimento (fase de pega do concreto);

e) Retração térmica: Redução do volume pelo resfriamento, à temperatura ambiente, do calor liberado pela reação e hidratação do cimento. Deve ser considerada para elementos de concreto com alta espessura, uma vez que há um grande aumento de temperatura (expansão de volume) pela fraca dissipação de calor, que como consequência proporciona uma maior redução de volume no resfriamento.

Figura 18 - Efeito da retração por secagem ao ar em elementos de concreto



Fonte: NEJADI & GILBERT (2004).

5. FISSURAS, TRINCAS, RACHADURAS E FENDAS

As fissuras são problemas comumente encontrados em edificações, e segundo Júnior (2006), existem alguns nomes similares: trinca, fissura ou rachadura. Tais anomalias são classificadas com base em fenômenos físicos entre elementos distintos de uma construção e para cada uma delas existem métodos e soluções diferentes. Sendo assim, elas se diferenciam em suas dimensões, onde:

- Fissura: é definida como uma abertura cujo formato assemelha-se a uma linha e possui espessura de até 0,5 mm;
- Trinca: é definida como uma abertura cujo formato assemelha-se a uma linha, porém com espessura entre 0,5mm e inferior 1,0 mm;

- Rachadura: é definida como uma abertura de maior expressão, resultante de intensa ruptura de massa, cuja espessura varia de 1,0 mm a 1,5 mm;
- Fenda: é definida como uma abertura excessiva que ocasiona a fragmentação da parede e sua espessura é superior a 1,5 mm.

Segundo Oliveira (2012), fissuras, trincas, rachaduras e fendas são consideradas como patologias manifestadas em edificações e podem ser observadas em diversos elementos de uma construção, como alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos, entre outros elementos, geralmente ocasionadas por tensões dos materiais. Quando os materiais são solicitados com um esforço maior que sua resistência, ocorre a falha juntamente com uma abertura, e de acordo com a sua espessura, a mesma será classificada como fissura, trinca, rachadura ou fenda.

A fissuração é considerada como um problema patológico de interesse para vários setores da engenharia, uma vez que tal problema está diretamente associado à resistência dos materiais. No ramo da construção civil, a ocorrência desta patologia pode ser visualizada tanto nos elementos mais simples, como por exemplo, em blocos de uma alvenaria, como até em elementos de maior complexidade, tais como os responsáveis pela seguridade estrutural de uma determinada edificação e/ou obra. De uma maneira geral, a fissura pode ser representada como a manifestação patológica decorrente do aumento das tensões entre as partes de um mesmo elemento ou entre dois elementos conectados (JÚNIOR, 1997).

5.1. FISSURAS

De acordo com Souza e Ripper (1998), as fissuras são definidas como patologias características das estruturas compostas de concreto, sendo consideradas como o dano de incidência mais comum e aquele que juntamente às deformações muito acentuadas, alerta aos leigos, proprietários e principalmente aos usuários aí incluídos, para o fato de que algo incomum está a ocorrer. É válido ressaltar que a identificação da fissuração como deficiência estrutural dependerá exclusivamente da origem, grau de força e magnitude da situação referente à fissuração, uma vez que o concreto, material com baixa resistência à tração, naturalmente se fissurará à medida que as tensões superarem a sua resistência última à tração.

Geralmente as fissuras denotam-se como estreitas e distendidas aberturas na superfície de determinado material. Habitualmente são de gravidade reduzida e superficial, como, por exemplo, fissuras na pintura, na massa corrida ou no cimento, não provocando problemas

estruturais. Entretanto, toda rachadura inicialmente é uma fissura (LOTTERMANN, 2013).

De acordo com Jesus e Pinto (2018), fissura é a abertura provocada por ruptura de um determinado material ou elemento, com abertura inferior ou igual a 0,5mm. Segundo Piancastelli (1997), as fissuras podem ser distinguidas como ativas (onde a variação da abertura está relacionada a movimentações hidrotérmicas ou outras) ou passivas (onde a abertura é constante), ou seja, para determinação do tratamento adequado faz-se necessária a verificação da fissura analisada, aferindo se a mesma é ativa (viva ou instável) ou inativa (morta ou estável). São chamadas de fissuras ativas aquelas que apresentam aberturas variáveis, e fissuras inativas, aquelas em que há ausência de tal variação. De maneira geral, esta verificação é feita por intermédio do uso de “selos” enrijecidos - materiais compostos de gesso ou plaquetas de vidro – que se rompem conforme a variação de abertura da fissura, ou também por meio da medição direta, com a utilização do fissurômetro. A posição das fissuras nos elementos estruturais, sua abertura, seu curso e seu espaçamento são fatores capazes de indicar as causas que as motivaram.

5.2. TRINCAS

As trincas são aberturas de caráter excessivo e intenso. O agente causador para se caracterizar uma trinca é a "fragmentação entre os elementos", isto é, o material em que a trinca se encontra está desmembrado em dois. Uma parede, por exemplo, apresentar-se-ia dividida em duas partes. As trincas são aberturas que podem ser mais fáceis de serem visualizadas e identificadas e são mais perigosas se comparadas às fissuras, uma vez que apresentam a ruptura dos componentes, como no caso referido da parede, estas são capazes de acometer a segurança estrutural dos elementos de uma edificação (LOTTERMANN, 2013).

De acordo com Junior (1997), grande parte dos profissionais da área em questão utilizam as expressões fissura e trinca de maneira indistinta, ou seja, sem qualquer distinção entre as mesmas, podendo assim gerar dúvidas no que diz respeito à descrição de tal problema. Conforme Jesus e Pinto (2018), trincas são aberturas oriundas da ruptura de determinado material ou elemento e possui valor de abertura superior a 0,5 mm e inferior a 1,0 mm.

5.3. RACHADURAS

As rachaduras possuem as mesmas características das trincas no que se refere à “fragmentação entre os elementos”, porém são maiores uma vez que apresentam abertura de 1,0 mm até 1,5mm. São expressivas e de fácil observação em virtude da amplitude da separação das partes.

Por terem as mesmas características das trincas, todavia em um estágio mais acentuado, as rachaduras necessitam de atenção instantânea, com o intuito de buscar o fechamento da mesma. Entretanto, antes do fechamento, a origem do problema deve ser solucionada (LOTTERMANN, 2013).

5.4. FENDAS

As fendas são aberturas presentes em componentes de vedação da alvenaria e elementos estruturais que ocasionam a instabilidade das estruturas, uma vez que tais aberturas propiciam a passagem de agentes responsáveis pela deterioração do sistema estrutural. São diferenciadas por serem grandes, profundas e de maior proporção. Estas aberturas devem ser de magnitude tal que o vento, a água e até mesmo a luz sejam capazes de atravessar o ambiente.

De uma maneira geral, as fendas são patologias que apresentam abertura expressiva resultante de acentuada ruptura de sua massa, proporcionando sua divisão em partes separadas com espessura superior a 1,5mm (RAMOS *et al.*, 2017).

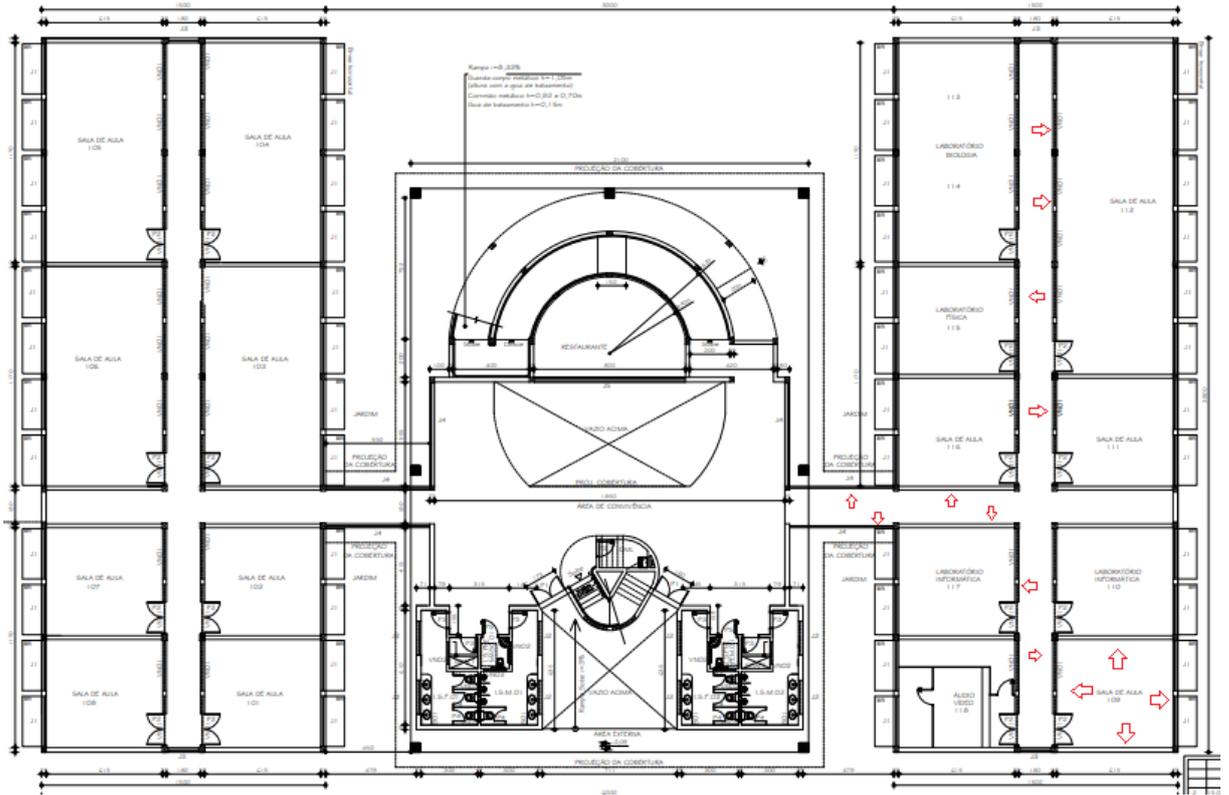
6. ESTUDO DE CASO

O presente estudo foi elaborado por meio da coleta de informações e levantamento fotográfico das manifestações patológicas presentes em alguns locais da UFVJM – Campus do Mucuri na cidade de Teófilo Otoni. Para a realização das anotações referentes às patologias, os equipamentos utilizados foram: fissurômetro, trena, fotografia celular (Modelo Samsung J7 Pro) e caderneta de anotações. Sendo assim, tais patologias foram analisadas, mensuradas e registradas por meio de tabelas. As plantas baixas dos respectivos locais de análise podem ser visualizadas a seguir e as setas vermelhas indicam os pontos de incidência das manifestações patológicas avaliadas em nosso trabalho.

6.1. Plantas

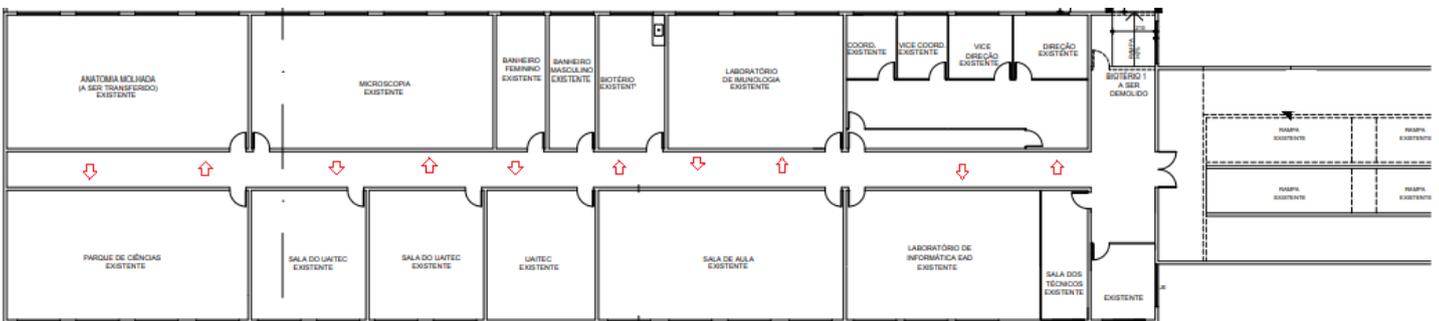
Apresentação da planta baixa de cada prédio e as marcações (setas vermelhas) dos pontos estudados.

Figura 19: Planta baixa do bloco de aulas



Fonte: Arquivos UFVJM (2018).

Figura 20: Planta baixa do prédio da medicina



Fonte: Arquivos UFVJM (2018).

6.2. Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada em duas etapas, sendo a primeira com a identificação e medição das anomalias e a segunda com uma nova medição após alguns meses, para verificar um possível crescimento das mesmas.

- Primeira etapa:

No dia 02 de maio do ano de 2018 foram realizadas as primeiras medições na sala 109 do primeiro andar do prédio de aulas do Campus. As anomalias foram observadas e medidas de acordo com o comprimento e o respectivo diâmetro, conforme a tabela a seguir. As anomalias foram nomeadas em sequência alfabética.

Tabela 01 – Anomalias presentes na sala 109 (Prédio de Aulas – 02/05/2018)

Anomalia	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)
A	3,095	0,300
B	1,055	0,100
C	0,440	0,100
D	0,805	0,100
E	0,535	0,100
F	0,545	0,200
G	0,630	0,100
H	0,805	0,200
I	0,666	0,100
J	2,780	0,400
K	0,670	0,100
L	0,543	0,100
M	0,878	0,100

Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

No dia 03 de maio do ano de 2018 foram coletadas as informações referentes às anomalias presentes no corredor I de aulas, perpendicular à sala 109 do prédio de aulas do Campus.

Tabela 02 - Anomalias presentes no Corredor I do prédio de aulas (03/05/2018)

Anomalia	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)
N	0,412	0,500
O	3,225	0,300
P	3,308	0,200
P'	0,300	0,100
Q	2,790	0,850
R	1,090	0,400
S	0,420	0,200
T	0,770	0,500
U	0,750	0,400
V	1,240	0,100
X	3,090	0,500
Y (próxima à junta de dilatação)	0,931	0,400
Z	1,540	0,100
A'	0,990	0,100
B' (próxima à junta de dilatação)	1,141	1,000

Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

No dia 14 de maio do ano de 2018 as anomalias do corredor II paralelo à sala 109 do prédio de aulas foram analisadas e as respectivas informações acerca das mesmas foram descritas na tabela seguinte.

Tabela 03 - Anomalias presentes no corredor II do prédio de aulas (14/05/2018)

Anomalia	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)
C'	1,250	0,300
D'	1,040	0,200
E'	0,680	0,400
F1'	1,370	0,400
F2'	0,330	0,100

F3'	1,040	0,200
G'	2,250	0,500
H'	0,924	0,100
I' (próxima à junta de dilatação)	0,710	1,000
J1'	2,125	0,300
J2'	1,640	0,100
K'	0,305	0,200

Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

No dia 27 de setembro do ano de 2018, as anomalias do corredor inferior do prédio de aulas do curso de Medicina também foram analisadas e com o auxílio dos equipamentos adotados, foi possível coletar os dados e realizar o registro fotográfico das mesmas. A tabela a seguir mostra os dados referentes às anomalias presentes no prédio de aulas da medicina.

Tabela 04 – Anomalias do corredor do Prédio da Medicina (27/09/2018)

Anomalia	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)
A''	0,490	0,150
B''	1,960	0,250
C''	1,390	0,150
D''	1,320	0,100
E''	0,720	0,150
F''	0,865	0,100
G''	1,300	0,150
H''	1,390	0,300
I''	1,610	0,250
J1''	1,160	0,300
J2''	2,160	0,050
J3''	0,325	0,150
J''	1,960	0,350
K''	2,800	0,300
L''	0,770	0,100

M''	2,000	0,050
N''	0,570	0,050
O''	1,435	0,050
P''	0,715	0,050
Q''	3,150	0,250
R''	1,950	0,100
S''	1,612	0,050

Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

- Segunda etapa:

No dia 11 de dezembro do ano de 2018 as anomalias foram analisadas novamente quanto à abertura e quanto ao comprimento. Obtivemos o seguinte registro:

Tabela 05 – Anomalias presentes na sala 109 (11/12/2018)

Anomalia	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)
A	3,095	0,500
B	1,055	0,300
C	0,440	0,100
D	0,805	0,100
E	0,535	0,100
F	0,545	0,250
G	0,630	0,200
H	0,805	0,200
I	0,666	0,100
J	2,780	0,600
K	0,670	0,200
L	0,543	0,200
M	0,878	0,200

Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Tabela 06 - Anomalias presentes no Corredor I do prédio de aulas (11/12/2018)

Anomalia	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)
N	0,412	0,250
O	3,225	0,400
P	3,308	0,250
P'	0,300	0,200
Q	2,790	1,050
R	1,090	0,500
S	0,420	0,250
T	0,770	0,550
U	0,750	0,400
V	1,240	0,200
X	3,090	1,050
Y (próxima à junta de dilatação)	0,931	0,700
Z	1,540	0,150
A'	0,990	0,150
B' (próxima à junta de dilatação)	1,141	1,800

Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Tabela 07 - Anomalias presentes no corredor II do prédio de aulas (11/12/2018)

Anomalia	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)
C'	1,250	0,300
D'	1,040	0,200
E'	0,680	0,400
F1'	1,370	0,450
F2'	0,330	0,150
F3'	1,040	0,200
G'	2,250	0,500
H'	0,924	0,150

I' (próxima à junta de dilatação)	0,710	1,600
J1'	2,125	0,400
J2'	1,640	0,200
K'	0,305	0,400

Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Tabela 08 – Anomalias do corredor do Prédio da Medicina (11/12/2018)

Anomalia	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)
A''	0,490	0,150
B''	1,960	0,250
C''	1,390	0,250
D''	1,320	0,200
E''	0,720	0,200
F''	0,865	0,150
G''	1,300	0,150
H''	1,390	0,350
I''	1,610	0,300
J1''	1,160	0,300
J2''	2,160	0,100
J3''	0,325	0,150
J''	1,960	0,350
K''	2,800	0,300
L''	0,770	0,150
M''	2,000	0,150
N''	0,570	0,100
O''	1,435	0,200
P''	0,715	0,150
Q''	3,150	0,300
R''	1,950	0,150
S''	1,612	0,200

Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

6.3. Levantamento fotográfico

Neste tópico contém arquivos fotográficos de autoria deste trabalho para proporcionar a visualização dos pontos de análise do Campus que apresentam manifestações patológicas.

Figura 21: Vista frontal do bloco de salas de aula



Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 22: Vista lateral do Prédio da Medicina



Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 23: Vista da sala 109 no bloco de salas de aula



Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 24: Vista de fissura na alvenaria da sala 109 no bloco de salas de aula



Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 25: Vista da espessura da fissura (0,5 mm) da sala 109 no bloco de salas de aula



Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 26: Vista do corredor I no bloco de salas de aula



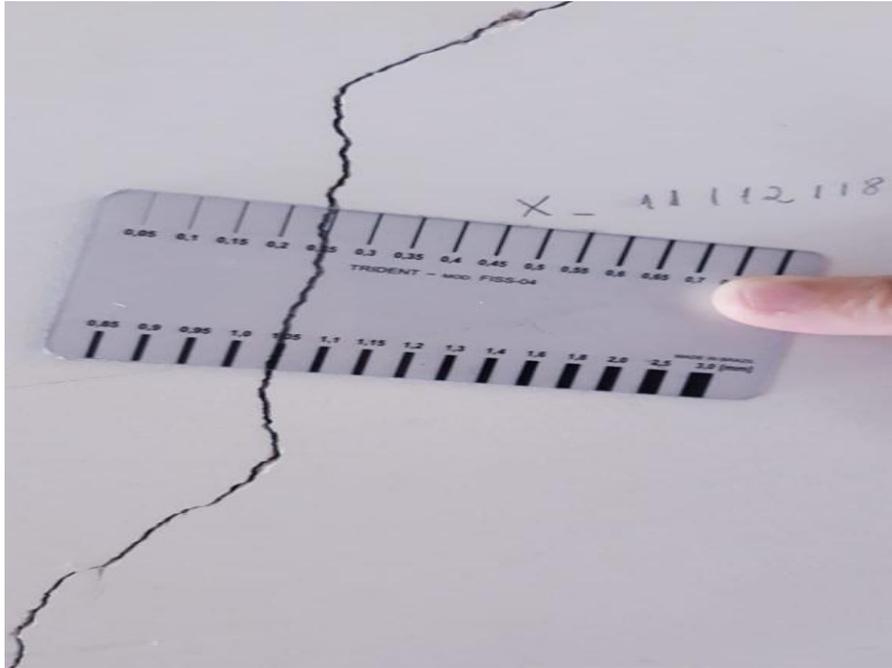
Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 27: Vista de fissura na alvenaria do corredor I do bloco de salas de aula



Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 28: Vista espessura de rachadura (1,05 mm) no corredor I do bloco de salas de aula



Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 29: Vista do corredor II do bloco de salas de aula



Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 30: Vista de fissura no corredor II do bloco de salas de aula



Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 31: Vista da espessura da fissura (0,400 mm) no corredor II do bloco de salas de aula



Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 32: Vista corredor do Prédio da Medicina



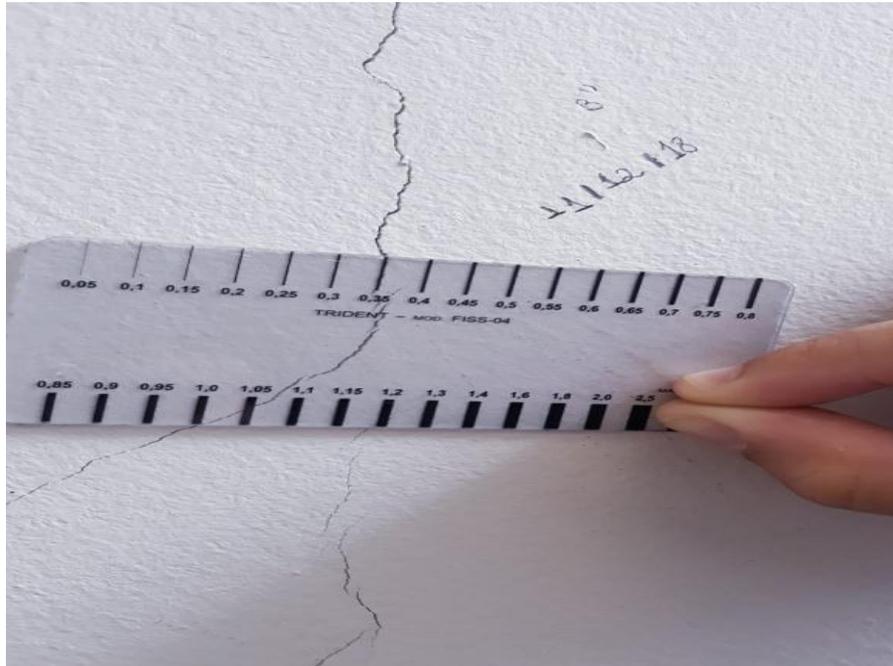
Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 33: Vista de fissura no corredor do Prédio da Medicina



Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

Figura 34: Vista da espessura de fissura (0,350 mm) em alvenaria no corredor do Prédio da Medicina



Fonte: Arquivo Pessoal (2018).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as formas de edificações estão suscetíveis, ao longo de sua vida útil, a sofrerem efeitos indesejáveis de manifestações patológicas interferindo na qualidade da construção, seja no aspecto estético, funcional ou estrutural. De forma particular, edificações em alvenaria estrutural por utilizarem quase que exclusivamente materiais frágeis, estão mais vulneráveis a patologias que resultam no surgimento de anomalias, uma vez que estas podem ocorrer desde a etapa construtiva, decorrentes de falhas no projeto, materiais e técnicas utilizadas, até a fase pós-ocupacional, seja pelo mau uso, falta de manutenção ou decorrente da interação com o meio físico-químico.

A importância dada às manifestações patológicas deve-se ao fato de estas reduzirem a durabilidade e a vida útil das edificações por permitirem a infiltração, a proliferação de microrganismos, assim como por causar desconforto psicológico aos usuários e reduzir o valor do imóvel. Outro fator importante relacionado a estas manifestações é o fato das mesmas serem originadas por intermédio de falhas estruturais como recalques diferenciais e outras formas perigosas de movimentação, colocando em risco a segurança de seus habitantes.

No presente estudo de caso, em relação ao comprimento, as anomalias não apresentaram uma variação significativa neste período que foram alvo de nossas análises. Porém, em relação ao diâmetro, as aberturas variaram ao longo do tempo, entendendo-se que o agente causador das patologias ainda não se estabilizou. Por meio da bibliografia analisada, foi possível identificar algumas das diversas formas e características que as manifestações patológicas podem apresentar e, por meio dessas informações, estabelecer a relação com os mecanismos responsáveis pelo seu surgimento na alvenaria estrutural. A identificação e eliminação desses parâmetros causadores de problemas patológicos são essenciais para o processo de recuperação da alvenaria, pois permite que as técnicas de restauração possam ser aplicadas de forma eficiente, de modo a restabelecer o desempenho, segurança e o conforto da edificação.

8. PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Para encontrar o agente o agente causador das patologias abordadas neste trabalho é necessário que haja a realização de análises mais concretas a respeito das possíveis causas.

A seguir alguns aspectos que podem ser abordados futuramente:

- Sondagens;
- Estudo do solo;
- Caracterização do suporte de carga e de recalques;
- Identificação do tipo de fundação;
- Análise do nivelamento da estrutura para dimensionar o grau de deslocamento;
- Descrição do processo de terraplanagem para receber a construção dos prédios;
- Levantamento topográfico do terreno.

9. REFERÊNCIAS

- AMARAL, J. C. **Tensões originadas pela retração em elementos de concreto com deformação restringida considerando-se o efeito da fluência**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Estruturas) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.
- AMBROSIO, T. S. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. 2004. 128 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. (ACI 209.1R.-05). **Report on Factor Affecting Shrinkage and Creep of Hardened Concrete**, ACI Committee 209, 2005.
- ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco**. 151 f. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual Técnico de Alvenaria**. São Paulo: ABCI; Projeto; PW, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010. 91 p.
- ASSUNÇÃO, J. A. de. H. R. **Patologia e terapia dos edifícios do tribunal de justiça do estado de Minas Gerais**. 2005. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 29 de março de 2005.
- BAUER, R. J. F. **Patologia em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Revista Prisma, V.20, n.5, p.36-37, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.revistaprisma.com.br/caderno/ct5_prisma_20.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.
- CALISTO, A.; REGIANE, K. **Efeito do recalque diferencial de fundações em estruturas de concreto armado e alvenaria de vedação: Estudo de caso**. 2015. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- CALLISTER, W. D. Jr. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 589 p.
- CASTRO, R. M. de. **Uso da planilha excel para estimativa de recalques diferenciais em fundações superficiais**, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2010.
- CREMONINI, R. A. **Incidências de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre – Recomendações para projeto, execução e manutenção**. 1998. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

DO CARMO, Paulo Obregon. **Patologia das construções**. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

FELD J.; CARPER K. L. **Construction Failure**. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1997.

FERREIRA, C. V.; LOBO, A. S.; RENOFIO, A. **Patologias em Unidades de conjuntos habitacionais de Macatuba/SP**. Trabalho Profissional, Ano Desconhecido.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de Patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 2015. 174p. Projeto de Graduação (Título em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

HEERDT, G. B.; PIO, V. F.; BLEICHVEL, N. C. T. **Principais patologias na construção civil**. 2016. 24 f. Faculdade Metropolitana de Rio do Sul – Curso de Engenharia Civil – Disciplina de Metodologia Científica, 2016.

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

JESUS, A. J. S. de.; PINTO, S. de. A. **Análise da expansibilidade de um solo argiloso – Estudo de caso**. International Symposium on Innovation and Technology- IV SIINTEC. 2018.

JÚNIOR, A. C. L. **Sistema de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

JUNIOR, C. C. S. **Trincas nas edificações**. Revista Obras on Line, Minas Gerais, p. 22-24, jun. 2006.

JÚNIOR, E. R. **Propriedades dos materiais constituintes do concreto**. IPOG – Revista Especialize On-line, Goiânia, v. 1, n. 10, p. 1-15, dez. 2015.

LOTTERMAN, A. F. **Patologias em estruturas de concreto: estudo de caso**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Título em Engenharia Civil) - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

MARTINS, A. P.; JUNIOR, J. C. P. **Inspeção de fissuras em alvenarias utilizando visão computacional**. 10º Conferência Brasileira de Dinâmica - Controle e Aplicações. 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais**. IBRACON. 3ª. Ed. São Paulo, 2008.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das Fundações**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2015. 243 p. ISBN 9788579751837.

MOREIRA, V. C. S.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto** - São Paulo: Pini, ISBN 85-7266-096-8, 1998.

NEJADI, S.; GILBERT, I. **Shrinkage Cracking and Crack Control in Restrained Reinforced Concrete Members**. ACI Structural Journal, v. 101, 2004.

OLIVEIRA, A. M. de. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96 f. Monografia (Curso de Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção**. 5ª ed. Porto Alegre, RS: Globo, 1980.

PIANCASTELLI, É. M. **Comportamento e Desempenho do Reforço a Flexão de Vigas de Concreto Armado, Solicitado a Baixa Idade e Executado Inclusive sob Carga**. 205 f. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3ª ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2006. 14 p.

PORTO, T. B; FERNANDES, D. **Curso Básico de Concreto Armado**. 1ª ed. São Paulo: Editora: Oficina de Textos, 2015.

RAMOS, T. F. B.; *et al.* **Manifestações Patológicas em edificação centenária: um estudo de caso**. 2017. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Belém - PA, 2017.

RIPPLINGER, Z. M; **Patologias em obras de alvenaria estrutural: soluções para evitá-las**. 2011. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2011.

ROÇA, G. B. **Análise das manifestações patológicas de uma edificação residencial – Estudo de caso**. 2014. 63 f. Monografia (Especialização em Patologia das Construções) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2014.

SANTOS, G. V. **Patologias devido ao recalque diferencial em fundações**. 2014. 111 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do UniCEUB - Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2014.

SILVEIRA, J. E. da. **Notas de aulas do curso de extensão Estruturas de Fundação**. Departamento de Estruturas da UFMG – Belo Horizonte, 2001.

SOMAYAJI, S. **Civil Engineering Materials**. New Jersey: Prentice Hall, 1995. 351 p.

SOUZA, V. C. M. de.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço das estruturas de concreto**. 1ª ed. São Paulo, PINI, 1998.

SÜSSEKIND, J. C., **Curso de Concreto: Concreto Armado** – v. 1, 5ª ed. Rio de Janeiro, Editora Globo, 1987. 376 p.

TERZIAN, P. **Controle de Fissuras por Retração Plástica em Pisos Industriais de**

Concreto. Revista Técnica, n. 55, p. 70 – 72, out. 2001.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** 10ª ed. São Paulo: IPT/EPUSP/PINI, 1989. 45 -56 p.

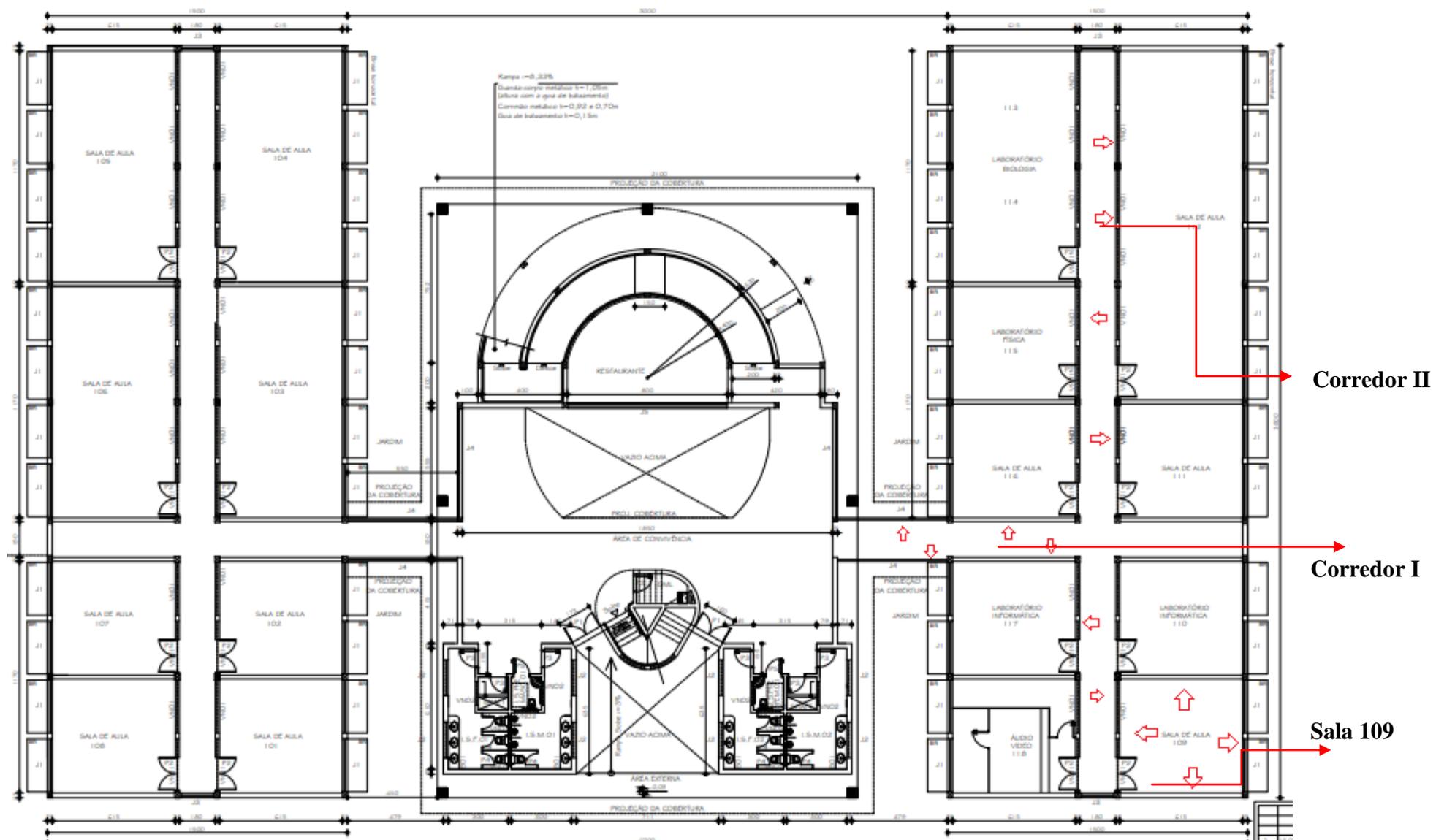
THOMAZ, E. **Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção.** 1. ed. São Paulo: PINI, 2001. 451 p.

VALLE, J. B. S. **Patologia das Alvenarias (Causa/Diagnóstico/Previsibilidade).** 2008. 81 f. Monografia (Especialização em Tecnologia da Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

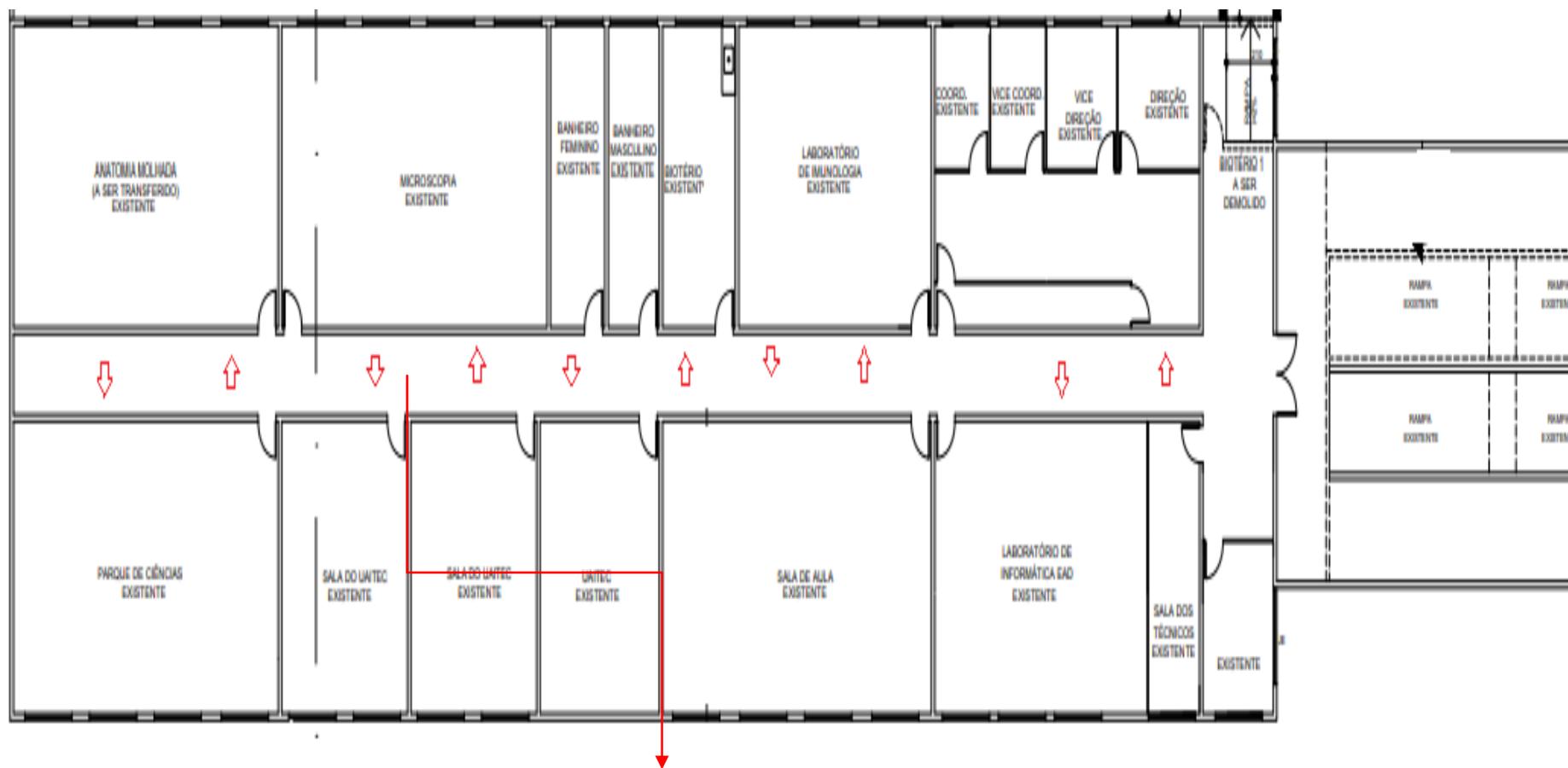
VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos Solos.** São Paulo: Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda. 1978. 509 p.

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia.** Recife, 2003. Disponível em: <http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf>. Acesso em: 28 de março de 2015.

10. ANEXO A – PLANTA BAIXA DO PRÉDIO DE AULAS (CORREDORES E SALA 109)



11. ANEXO B – PLANTA BAIXA PRÉDIO DO PRÉDIO DE AULAS DA MEDICINA



Corredor do Prédio da Medicina