



**AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PISOS CERÂMICOS  
UTILIZANDO O MÉTODO DE MENSURAÇÃO DE DEGRADAÇÃO (MMD)**

**LARISSA CARVALHO DE SOUSA E MARCOS RODRIGUES  
FÉLIX**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL II EM ENGENHARIA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM  
PISOS CERÂMICOS UTILIZANDO O MÉTODO DE MENSURAÇÃO  
DE DEGRADAÇÃO (MMD)**

**LARISSA CARVALHO DE SOUSA E MARCOS RODRIGUES FÉLIX**

**ORIENTADORA: JÉSSICA SIQUEIRA DE SOUZA**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL II EM ENGENHARIA CIVIL**

**BRASÍLIA/DF: NOVEMBRO/2021**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM  
PISOS CERÂMICOS UTILIZANDO O MÉTODO DE MENSURAÇÃO  
DE DEGRADAÇÃO (MMD)**

**LARISSA CARVALHO DE SOUSA E MARCOS RODRIGUES FÉLIX**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

**APROVADA POR:**

---

**Prof. JÉSSICA SIQUEIRA DE SOUZA, D.Sc. (UnB)  
(ORIENTADOR)**

---

**Prof. VALDIRENE MARIA SILVA CAPUZZO, D.Sc (UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**Prof. ELIER PAVÓN DE LA FÉ, D.Sc (UFOB)  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, 3 DE NOVEMBRO DE 2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SOUSA, LARISSA CARVALHO DE

FÉLIX, MARCOS RODRIGUES

Avaliação de manifestações patológicas em pisos cerâmicos utilizando o método de mensuração de degradação (MMD), 2021.

x, 55 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2021)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Manifestações patológicas

2. Método de mensuração de degradação

3. Piso

4. Revestimento Cerâmico

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUSA, L.C., FÉLIX, M.R. (2021). Avaliação de manifestações patológicas em pisos cerâmicos utilizando o método de mensuração de degradação (MMD). Monografia de Projeto Final. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 55p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTORES: Larissa Carvalho de Sousa e Marcos Rodrigues Félix

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Avaliação de manifestações patológicas em pisos cerâmicos utilizando o método de mensuração de degradação (MMD)

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2021

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Larissa Carvalho de Sousa  
QNM 21 Conjunto J casa 35  
72215220 - Brasília/DF – Brasil

---

Marcos Rodrigues Félix  
QNL 4 Conjunto H casa 6  
72155408 - Brasília/DF – Brasil

## RESUMO

O sistema de revestimento cerâmico em pisos, ao longo da sua vida útil, sofre com o fenômeno de degradação e conseqüentemente com o surgimento de manifestações patológicas. Tendo em vista que os danos ocorridos nesse sistema comprometem não apenas o aspecto estético bem como também a sua função de proteção ao substrato, é importante a compreensão do comportamento deste processo e suas causas. Diante do exposto, nesta pesquisa é utilizado o Método de Mensuração de Degradação para identificar as manifestações patológicas presentes nos sistemas de pisos em escolas de ensino fundamental, quantificá-las através do indicador de degradação Fator de Danos e também avaliar as zonas escolares mais suscetíveis a degradação. Os resultados mostraram que a manifestação patológica mais recorrente em sistemas de pisos de escolas é o desgaste mecânico e a zona com maior tendência a degradação é a área de circulação. Esta pesquisa contribui para um maior entendimento do fenômeno, facilitando a futura escolha de estratégias de manutenção.

**Palavras-chaves:** Manifestações patológicas, Método de mensuração de degradação, Piso, Revestimento cerâmico.

## ABSTRACT

The ceramic coating in floor system, through the service life, suffer from degradation phenomenon and therefore emergence of pathological manifestations. Considering that the defects occurred in this system compromise not only aesthetic aspect as well as its protection function to the substrate, it is important the understanding of the behavior of this process and its causes. Given the above, in this research is used the method of degradation measurement to identify the pathological manifestations which are presented in the floor systems in elementary schools, quantify them through the indicator of degradation Factor of Damage and also evaluate the zone of the school which are more prone to degradation. The finding showed mechanical wear is the most frequent pathological manifestation in floor system of schools e the zone that has the greater tendency to degradation is circulation area. This research contributes to a better understanding of the phenomenon, making it easier the future choice of maintenance strategy.

**Key words:** Pathological manifestation, Method of degradation measurement, Floor, Ceramic coating.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
2.1	Objetivo Geral .....	1
2.2	Objetivos Específicos .....	2
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>2</b>
3.1	Revestimento Cerâmico .....	2
3.2	Propriedades da placa cerâmica .....	6
3.2.1	Absorção de Água .....	7
3.2.2	Resistência à Abrasão.....	8
3.2.3	Expansão por Umidade.....	9
3.2.4	Resistência ao Ataque Químico.....	10
3.2.5	Resistência ao Mancharmento .....	11
3.3	Manifestações Patológicas .....	12
3.3.1	Descolamento Cerâmico .....	13
3.3.2	Eflorescência.....	14
3.3.3	Trincas, Fissuras e Gretamento .....	15
3.3.4	Deterioração das Juntas.....	16
3.3.5	Desgaste Mecânico.....	17
3.4	Método de mensuração de degradação .....	19
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>APÊNDICE A - CROQUIS .....</b>	<b>39</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sistema de piso (NBR 15575-3, 2013).....	2
Figura 2 - Sistema genérico de pisos (NBR 13753, 1996).....	4
Figura 3 - Descolamento Cerâmico (Santos, 2019) .....	13
Figura 4 – Eflorescência.....	14
Figura 5 - Fissuras e trincas .....	15
Figura 6 – Gretamento (Norma ABNT NBR ISO 10545-11, 2017).....	15
Figura 7 - Deterioração das juntas .....	17
Figura 8 - Desgaste mecânico .....	18
Figura 9 - Etapas do MMD .....	20
Figura 10 - Zonas para aplicação do MMD .....	23
Figura 11 – Mapeamento de manifestações patológicas no refeitório de funcionários da escola B .....	25
Figura 12 - Fator de danos das escolas.....	28
Figura 13 - Fator de danos das zonas .....	29
Figura 14 - Fator de danos das manifestações patológicas .....	30
Figura 15 - Frequência de manifestações patológicas presentes no piso cerâmico.....	31
Figura 16 - Mapeamento de manifestações patológicas na sala de aula da escola A.....	39
Figura 17 - Mapeamento de manifestações patológicas no corredor da escola A.....	40
Figura 18 - Mapeamento de manifestações patológicas na área de recreação da escola A.....	41
Figura 19 - Mapeamento de manifestações patológicas no banheiro 1 da escola B .....	42
Figura 20 - Mapeamento de manifestações patológicas no banheiro 2 da escola B .....	43
Figura 21 - Mapeamento de manifestações patológicas na diretoria da escola C .....	44
Figura 22 - Mapeamento de manifestações patológicas no refeitório de funcionários da escola C.....	45



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Absorção de água da placa cerâmica (ABNT NBR ISO 13006, 2020) .....	7
Tabela 2 - Classificação da placa cerâmica em relação à resistência a abrasão (ABNT NBR ISO 10545, 2017) .....	8
Tabela 3 - Classificação quanto a resistência ao ataque químico (ABNT NBR ISO 10545-13, 2020) .....	10
Tabela 4 - Quantificação das manifestações patológicas e área das malhas	25

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

$A_{d(n)}$  – área danificada de cada tipo de manifestação patológica

$A_t$  – área total do piso cerâmico

EPU – expansão por umidade

$E_v$  – absorção de água

FD – fator de danos

ISO – *International Organization for Standardization*

m – metro

$m^2$  – metro quadrado

mm – milímetro

MMD – método de mensuração de degradação

n. – número

Nº – número

NBR – Norma Brasileira

p. – página

PECC – Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil

PEI – *Porcelain Enamel Institute*

v. – volume

% – porcentagem

# **1 INTRODUÇÃO**

O sistema de revestimento de pisos não tem apenas a função de acabamento estético, mas também de proporcionar proteção contra defeitos provocados pela movimentação de pessoas e objetos ao longo da sua vida útil. Além disso, este deve garantir isolamento térmico e acústico, constituindo-se em um sistema que influencia no desempenho de toda uma edificação. A norma ABNT NBR 15575-3 (2013) ressalta a importância de um desempenho adequado de pisos como forma de propiciar segurança aos usuários, assim evitando acidentes.

O acabamento de pisos é realizado com a utilização de diferentes materiais, dentre eles estão porcelanato, materiais vinílicos e cerâmica. Diante das várias opções disponíveis no mercado, o revestimento cerâmico é um dos mais populares devido as suas inúmeras vantagens como durabilidade do material e facilidade de limpeza.

A inadequada especificação dos materiais e controle tecnológico destes, aliado a erros de execução e falhas no projeto conduz ao surgimento de manifestações patológicas no revestimento cerâmico em pisos.

As manifestações patológicas quando não tratadas de imediato progridem para estágios mais avançados, o que afeta negativamente a durabilidade e desempenho das edificações, além dos reflexos econômicos. Quando estas incidem em escolas podem causar incômodos à rotina, uma vez que a depender da gravidade das manifestações patológicas, espaços inteiros podem ser interditados para restauração ou troca das placas cerâmicas.

Diante deste contexto, a quantificação e avaliação das manifestações patológicas por meio da aplicação do Método de Mensuração de Degradação (MMD), possível identificar quais as principais manifestações patológicas estão presentes no piso da localidade de estudo, podendo-se assim fazer-se a indicação das restaurações necessárias ou se for o caso a indicação de troca do piso.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Esta pesquisa tem como objetivo geral avaliar as manifestações patológicas presentes em pisos cerâmicos por meio da aplicação do Método de Mensuração de Degradação (MMD) e do indicador de degradação, Fator de Danos (FD).

## 2.2 Objetivos Específicos

Simultaneamente ao objetivo geral são elencados os objetivos específicos:

- Identificar e quantificar as manifestações patológicas mais frequentes no sistema de revestimento cerâmico em pisos de escolas de ensino fundamental;
- Adaptar a metodologia Método de Mensuração de Degradação em sistemas de pisos.
- Verificar a frequência de ocorrência de cada manifestação patológica;
- Investigar quais zonas do piso cerâmico são mais propensas a degradação;

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Revestimento Cerâmico

A norma ABNT NBR 15575-3 (2013) define o sistema de piso como um conjunto parcial ou total de camadas, como por exemplo camada estrutural, camada de contrapiso, camada de fixação e camada de acabamento. A composição de um sistema de pisos simplificado é apresentada na Figura 1.



Figura 1- Sistema de piso (NBR 15575-3, 2013)

Ainda segundo a norma ABNT NBR 15575-3 (2013) a camada de acabamento, a qual é composta por placas cerâmicas assentadas na camada de fixação, tem o papel de revestir a superfície do piso, conferindo acabamento estético, funcional e proteção ao sistema. Já a camada de contrapiso tem a finalidade de regularização do substrato onde posteriormente é executada a camada de acabamento. O isolamento térmico tem a função de inibir ou diminuir o fluxo de calor entre um ambiente externo e interno ou mesmo entre ambientes internos e o

chamado isolamento acústico visa diminuir a passagem de ruídos. Para garantir a estanqueidade do revestimento de pisos, é feita uma camada de impermeabilização. Por fim, a camada estrutural é aquela responsável por resistir as solicitações do sistema de revestimento.

A água é o principal responsável pela degradação que atinge os mais diversos materiais de construção. Nesse sentido, é essencial que a umidade que possa penetrar em uma edificação habitacional seja devidamente monitorada visando prevenir o aparecimento de manifestações patológicas que diminuem a sua vida útil (ABNT NBR 15575-3, 2013). Logo, a norma estabelece que os sistemas de piso tenham estanqueidade quando em justaposição à umidade ascendente, impedindo que os usuários sejam expostos a condições de riscos e a degradação da camada de acabamento dos pisos e áreas próximas.

Falhas superficiais como moissas, lascamentos, fissuras e desagregações no sistema de revestimento de pisos possuem tolerâncias de desempenho quando foram provados pelo eventual impacto de corpos duros durante a vida útil do piso, desde que os impactos não causem a ruína do mesmo (ABNT NBR 15575-3, 2013).

A norma ABNT NBR 15575-3 (2013) estabelece um nível de desempenho quanto a abertura máxima de frestas que são permitidas em sistemas de pisos, pois considera que irregularidades localizadas tem o potencial de causar acidentes aos usuários. Portanto, as frestas não são danos que atingem apenas o aspecto estético do sistema de pisos.

A durabilidade e manutenibilidade são dois requisitos que a norma ABNT NBR 15575-3 (2013) considera como importante para uma edificação habitacional, uma vez que ela tem um significativo valor de uso e troca. Portanto, os sistemas que compõem a edificação, como por exemplo os pisos, devem ser capazes de resistir as condições, as quais estarão sujeitos ao longo da sua vida útil sem comprometer seus desempenhos funcionais ou aspectos estéticos acima da degradação naturalmente provocada pelo seu envelhecimento de forma a não requerer muitas intervenções de manutenção dos usuários.

Nesta perspectiva, a norma ABNT NBR 15575-3 (2013) define que os sistemas de pisos devem oferecer resistência quando expostos à umidade sem sofrer alteração das suas propriedades que possam prejudicar sua capacidade funcional e também necessitam resistir ao contato de agentes químicos de uso rotineiro em edificações ou na limpeza doméstica e aos esforços mecânicos. Cabe ressaltar que esse último está relacionado com a resistência ao desgaste por abrasão que as camadas de acabamento de piso devem possuir.

Tal qual a norma ABNT NBR 15575-3 (2013), a norma ABNT NBR 13753 (1996) apresenta um sistema genérico de piso ilustrado na Figura 2, onde ao contrário da Figura 1 está representado uma junta de assentamento. Sendo a mesma o espaço entre duas placas cerâmicas vizinhas e tendo como função, por exemplo, permitir que a base e as placas cerâmicas possam se movimentar. Além das juntas de assentamento, as condições as quais o piso está exposto como insolação e/ou umidade bem como as características construtivas como as dimensões do piso e características estruturais, tornam necessário o emprego de juntas de movimentação, dessolidarização e estruturais durante a execução do piso (ABNT NBR 13753, 1996).

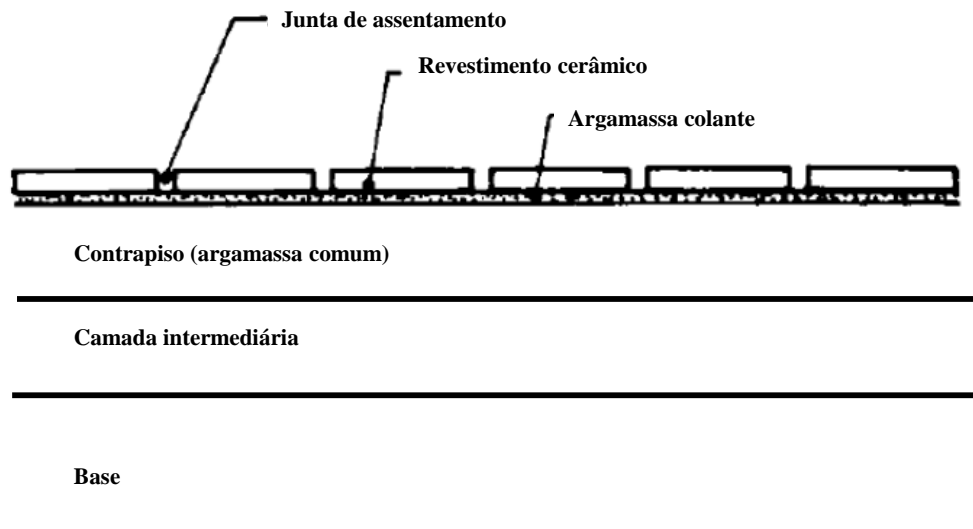


Figura 2 - Sistema genérico de pisos (NBR 13753, 1996)

Conforme a norma ABNT NBR 13753 (1996), a base enquanto substrato sobre o qual é assentado as camadas intermediária, de regularização e contrapiso deve ser de concreto simples ou armado com uma espessura mínima de 70 mm. A base não pode ter a presença de manifestações patológicas como eflorescência e bolor, e/ ou possuir áreas muito lisas ou úmidas, manchas de ferrugem, pulverulência ou impregnação com substâncias gordurosas e deve ter um caimento de acordo com aquele especificado para o piso.

A camada de contrapiso igualmente denominada piso morto é executada, no mínimo,

sete dias depois que a camada imediatamente inferior, podendo ela ser a camada intermediária ou a base tenha sido finalizada. A sua espessura deve estar contida na faixa de 15 a 25 mm. Também é necessário concluir a execução do contrapiso no período de sete dias antes de ser realizado o assentamento das placas cerâmicas afim de reduzir um possível efeito de retração da argamassa sobre o piso cerâmico que será executado (ABNT NBR 13753, 1996).

Para Silva *et al.* (2015) a escolha da placa cerâmica deve levar em consideração qual tipo de substrato será aplicada, pois o revestimento utilizado em paredes não tem que possuir a mesma resistência à abrasão e suportar a mesma carga de um revestimento de pisos, o qual sofre desgastes relacionados à circulação de pessoas. Outro fator citado por Silva *et al.* (2015) consiste se o revestimento será aplicado em meio externo ou interno, já que revestimentos de meios externos exigem características mais multiformes, pois esses estarão sujeitos a alterações de tempo como sol, chuva, vento e em geral sujeitos também a um maior fluxo de pessoas, por isso devendo possuir baixa absorção de água, baixa expansão por umidade, resistência a mancha e ao ataque químico.

O revestimento cerâmico é amplamente utilizado no território brasileiro, sua utilização no mundo remonta a antiguidade, isso se deve a sua grande versatilidade de aplicação, podendo ser utilizado em ambientes internos e externos, pisos ou paredes, se adaptando bem ao clima brasileiro. Além disso, a popularidade também advém das suas características, tais como: durabilidade do material, facilidade de limpeza, higiene; qualidade do acabamento final; proteção dos elementos de vedação; isolamento térmico e acústico; estanqueidade à água e aos gases; segurança ao fogo; aspecto estético e visual agradável (Pessanha *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2015).

O Brasil é um dos grandes produtores e consumidores de revestimento cerâmico no mundo, tornando a indústria desse setor uma grande geradora de empregos e divisas. A indústria cerâmica está intimamente ligada à construção civil, uma vez que seus produtos como cerâmica vermelha (tijolos, telhas e outros refratários) e revestimento são consumidos por este ramo. Dessa forma, um aumento produtivo da construção civil representa um aumento também na indústria cerâmica (Prado e Bressiani, 2013).

Nos anos 80 a indústria de revestimento cerâmico localizada no interior do estado de

São Paulo que surgiu a partir do polo produtor de telhas fabricava placas cerâmicas de baixa qualidade contendo defeitos como baixa resistência mecânica, baixa aderência de esmaltes, gretamento, trincas, defeitos de superfície, expansão por umidade e baixa estabilidade dimensional (Araújo *et al.*, 2001). Com a introdução de normas técnicas e tecnologia, visando a competitividade, aumentou-se muito a qualidade dos produtos cerâmicos.

### **3.2 Propriedades da placa cerâmica**

Segundo Pires *et al.* (2011) as principais manifestações patológicas superficiais que ocasionam alteração estética nas placas cerâmicas estão relacionadas às suas propriedades de resistência à abrasão, resistência química, a riscos, e a manchas. Tormen *et al.* (2016) também relacionam as propriedades da placa cerâmica com as principais manifestações patológicas, dessa maneira os pesquisadores ressaltam que uma especificação inadequada pode levar ao mau desempenho, pois várias propriedades do material afloram através de alterações superficiais. Assim, mudanças no uso dos ambientes também podem conduzir a alterações na severidade das agressões. É importante mencionar que as propriedades da placa cerâmica (por exemplo, absorção de água e resistência ao manchamento) são critérios de aceitação estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO 10545 (2017).

Para se reduzir manifestações patológicas decorrentes de erros técnicos existem normas a serem seguidas. Nessa perspectiva, a norma ABNT NBR 13818(1997) - Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios explana uma série de características exigíveis para usos específicos, como também o modo de inspeção e critérios de aceitação e rejeição do revestimento cerâmico. Tal norma esteve em vigor até o ano de 2020, sendo substituída pela norma NBR ISO 10545-3(2020) - Placas cerâmicas - Parte 3: Determinação da absorção de água, porosidade aparente, densidade relativa aparente e densidade aparente. Entretanto a atual norma em vigor não contempla todos os âmbitos para um amplo estudo de revestimentos cerâmicos, pois só foi publicada uma das dezesseis partes previstas. Outra norma utilizada no estudo de placas cerâmicas é a NBR ISO 13006:2020 - Placas cerâmicas - Definições, classificação, características e marcação, na qual é possível encontrar importantes dados teóricos sobre esses revestimentos cerâmicos.



### 3.2.1 Absorção de Água

Absorção de água é a propriedade que caracteriza a proporção entre a massa de água nos poros e a massa queimada do corpo cerâmico, assim o comportamento de sinterização e a qualidade da placa estão intimamente relacionados com a porosidade residual aberta (Chen *et al.*, 2013). A norma ABNT NBR ISO 13006 (2020) utiliza essa propriedade para classificar as placas cerâmicas, como exposto na Tabela 1. Além disso, a absorção de água juntamente com as propriedades mecânicas da cerâmica são critérios para a escolha da placa cerâmica.

Tabela 1 – Absorção de água da placa cerâmica (ABNT NBR ISO 13006, 2020)

<b>Conformação</b>	A Extrudada	B Prensada a seco
<b>Grupo I</b> $Ev \leq 3\%$	Grupo AI <sub>a</sub> $Ev \leq 0,5\%$	Grupo BI <sub>a</sub> $Ev \leq 0,5\%$
	Grupo AI <sub>b</sub> $0,5 < Ev \leq 3\%$	Grupo BI <sub>b</sub> $0,5 < Ev \leq 3\%$
<b>Grupo II<sub>a</sub></b> $3 < Ev < 6\%$	Grupo AII <sub>a</sub> -1 <sup>a</sup>	Grupo BII <sup>a</sup>
	Grupo AII <sub>a</sub> -2 <sup>a</sup>	
<b>Grupo II<sub>b</sub></b> $6 < Ev < 10\%$	Grupo AII <sub>b</sub> -1 <sup>a</sup>	Grupo BII <sub>b</sub>
	Grupo AII <sub>b</sub> -2 <sup>a</sup>	
<b>Grupo III</b> $Ev > 10\%$	Grupo AIII	Grupo BIII <sub>b</sub>

a Grupos AII<sub>a</sub> e AII<sub>b</sub> são divididos em dois subgrupos (Partes 1 e 2) com diferentes especificações de produto.

b Grupos BIII engloba apenas placas esmaltadas. Existe uma baixa quantidade de placas não esmaltadas prensadas a seco com absorção de água superior a 10% em fração de massa, as quais não estão cobertas por este grupo de produto.

A temperatura de queima do corpo cerâmico, a pressão de compactação e o processo de moagem são aspectos relacionados à produção que influenciam na porosidade e consequentemente na capacidade de absorção. Portanto, um controle de qualidade dos produtos fabricados é de grande relevância, considerando ainda que a absorção afeta outras propriedades como resistência mecânica e química (Vieira, 2016).

### 3.2.2 Resistência à Abrasão

É a propriedade relacionada a capacidade da placa cerâmica em resistir ao desgaste superficial provocado pelo tráfego de usuários e movimentação de objetos. Segundo Abitante *et al.* (2004), a abrasão pode ser avaliada quanto a perda de material e/ou ao aspecto estético. Este último requer preocupação no que diz respeito ao usuário, uma vez que a partir do desgaste da aparência estética o usuário pode perceber a existência de uma falha no revestimento cerâmico.

A abrasão é uma alteração da superfície da placa cerâmica vitrificada quando sofre algum tipo de ataque mecânico que arrasta as partículas da superfície, ocasionando a perda de brilho, de textura ou de massa do corpo cerâmico (Delbianco, 2003). A norma ABNT NBR ISO 10545 (2017) estabelece uma classificação das placas cerâmicas esmaltadas em relação a sua resistência a abrasão, utilizando a escala PEI (*Porcelain Enamel Institute*), observada. De acordo com a classificação PEI, a placa cerâmica é mais adequada para determinado uso. Para placas cerâmicas não esmaltadas, no lugar da escala PEI é executado o ensaio de abrasão profunda na superfície das mesmas.

O método PEI propõe a medida da abrasão observando visualmente o desgaste superficial da peça cerâmica quando submetida ao equipamento conhecido como abrasímetro. Este equipamento produz a rotação de uma carga por via úmida ocasionando o desgaste que se pretende medir. Os corpos de prova são classificados em classes, que variam de 0 a 5, quanto a falha visual e o número de ciclos que suportam antes de desgastarem visualmente (Delbianco, 2003). A Tabela 2 apresenta esta classificação.

Tabela 2 - Classificação da placa cerâmica em relação à resistência a abrasão (ABNT NBR ISO 10545, 2017)

Estágio de Abrasão (Nº de ciclos de desgaste visível)	Classe
100	0
150	1
600	2
750, 1500	3
2100, 6000, 12000	4
> 12000 <sup>1</sup>	5

<sup>1</sup> Corpo de prova deve passar pelo ensaio especificado na ISO 10545-14 para resistência ao manchamento.

A Tabela 2 apresenta a classe 0 como aquela que denota as placas cerâmicas com a mais baixa resistência à abrasão da escala PEI, conseqüentemente a classe 5 é a mais resistente. Tendo essa escala como base, o Inmetro afirma, por exemplo, que as placas com PEI 4 são recomendadas para o uso em ambientes residenciais (todas as dependências) e comerciais com tráfego intenso.

Com a grande popularidade do método PEI, muitas vezes o único critério utilizado para especificar a placa cerâmica de acordo com o uso é a resistência a abrasão. O que torna o processo de escolha falho, pois não considera os mais diversos agentes agressivos que podem atuar no revestimento, tampouco considera a variação da intensidade do tráfego de pessoas (Abitante *et al.*, 2004).

Caso deseje-se aumentar o desempenho das peças cerâmicas quanto a resistência à abrasão é importante focar no processo de fabricação. A pesquisadora Rossini (1992) argumenta que a composição do vidrado influencia na qualidade final das peças cerâmicas, conseqüentemente favorecendo suas propriedades. Dentre os componentes citados pela pesquisadora, cabe ressaltar que o silicato de zircônio, rutilo e quartzo quando presentes no corpo cerâmico conferem um aumento na resistência à abrasão e durabilidade química.

### **3.2.3 Expansão por Umidade**

Expansão por umidade é definida como o aumento do tamanho dos materiais cerâmicos (por exemplo, tijolos, telhas e revestimento cerâmico) devido a absorção de água. Embora o processo de expansão não aconteça rapidamente e a alteração de dimensão seja pequena, ela pode afetar negativamente a aderência das placas cerâmicas ao contrapiso ou mesmo provocar o gretamento do vidrado (Menezes *et al.*, 2003).

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 10545-10 (2017) o ensaio para a determinação da expansão por umidade é feito com uma amostra que consiste em cinco placas inteiras e cada placa é um corpo de prova em si. Selecionados os copos de prova, eles são então preparados de acordo com o dispositivo utilizado para a medição de variação de comprimento, e em seguida os corpos são colocados em um forno para proceder-se a requeima, na qual a placa cerâmica é aquecida a uma elevada temperatura evaporando a água absorvida desde sua confecção, simulando assim sua condição inicial de fabricação, no qual após esfriada é feito o processo de medição do comprimento inicial da placa cerâmica. Determinado esse comprimento os corpos de prova passarão pelo tratamento em água fervente e ao final do processo passarão por novas medições para

determinar-se o novo comprimento e assim poder-se calcular a expansão por umidade em milímetros.

A norma ABNT NBR ISO 10545-10 (2017) apresenta a observação de que a maior parte das placas cerâmicas esmaltadas e não esmaltadas tem um valor de expansão por umidade natural considerado desprezível desde que as placas cerâmicas sejam executadas adequadamente, não comprometendo na funcionalidade dos revestimentos. Porém, quando a expansão por umidade natural é associada com substratos de concreto, tempo de cura inadequado, práticas de instalação insatisfatórias e algumas condições climáticas, o limite máximo de 0,06% de expansão por umidade se torna recomendável.

### 3.2.4 Resistência ao Ataque Químico

A resistência ao ataque químico está relacionada à capacidade da superfície da peça cerâmica em manter-se intacta quando em contato com substâncias e produtos químicos. O revestimento cerâmico no seu uso cotidiano está sujeito ao contato com diferentes agentes químicos que vão desde os produtos químicos utilizados para a limpeza doméstica até ácidos e álcalis. Portanto, é essencial que a placa cerâmica possua resistência ao ataque químico, ou seja, o corpo cerâmico não deve sofrer alterações na presença destes agentes agressivos. Nesta perspectiva, a norma ABNT NBR ISO 10545-13 (2020) propõe um ensaio que avalia o desempenho de placas cerâmicas esmaltadas ou não esmaltadas quando submetidas a produtos domésticos e de piscina, ácidos e álcalis com baixa e alta concentração. Assim, elas são classificadas em três níveis de resistência: alta, média e baixa. Tal classificação está resumida na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação quanto a resistência ao ataque químico (ABNT NBR ISO 10545-13, 2020)

Agentes químicos		Níveis de resistência química		
		Alta (A)	Média (B)	Baixa (C)
Ácidos e álcalis	Alta concentração (H)	HA	GHB	GHC
	Baixa concentração (L)	LA	LB	LC
Produtos domésticos e de piscinas		A	B	C

Redução do brilho das cerâmicas esmaltadas, manchas e descoloração são os principais indícios de que a cerâmica não possui uma resistência ao ataque químico adequada para o local em que ela foi utilizada.

### **3.2.5 Resistência ao Manchamento**

A resistência ao manchamento é representada pelo grau de facilidade e eficiência de limpeza do sistema de revestimento cerâmico após a exposição a agentes com potencial de manchamento. Essa propriedade é relevante, considerando que a dificuldade de limpeza compromete a durabilidade, especialmente nos dias atuais em que a placa cerâmica está sujeita a diferentes substâncias capazes de causar manchas (Razera, 2015). Embora a norma ABNT NBR 15575-3 (2013) apresente diversos requisitos em relação ao desempenho e durabilidade do revestimento de pisos, não há critérios relacionados a limpabilidade e manchamento, pois a norma afirma que a ausência de embasamento técnico quanto a camada de acabamento não tornou possível que a resistência ao manchamento pudesse ter sido contemplada na mesma.

O processo de manchamento das placas cerâmicas não ocorre apenas durante o contato entre a superfície da placa e os agentes responsáveis por esta manifestação patológica, essa interação está acontecendo também durante a limpeza do revestimento. A vulnerabilidade à esta manifestação patológica está intimamente relacionada a porosidade da placa, pois através dos poros ocorre a intrusão de sujeira, conseqüentemente há o aparecimento do fenômeno de manchamento. A porosidade surge na etapa de prensagem, apesar da peça passar pela etapa de queima, ainda há uma porosidade residual. Algumas empresas aplicam impermeabilizantes na superfície da placa cerâmica buscando contornar esse problema, porém a placa acometida pelo desgaste abrasivo volta a manchar novamente depois de algum tempo, o que torna essa solução paliativa (Machado *et al.*, 2011).

A norma ABNT NBR ISO 10545 (2017) estabelece um ensaio para medir a resistência ao manchamento que consiste em aplicar gotas de agentes manchantes de ação penetrante sobre a superfície da placa cerâmica, a peça fica em contato com essas soluções durante um intervalo de 24h. Após esse período as amostras são submetidas a diversas tentativas de limpeza como a lavagem dos corpos de prova utilizando água quente durante 5 minutos e fazendo a secagem com o auxílio de um pano úmido. Por fim, as peças cerâmicas são classificadas quanto ao nível de

limpabilidade de 1 a 5: classe 1 – impossibilidade de remover a mancha; classe 2, 3 e 4 – possibilidade de remoção de manchas, conforme o agente aplicado e o produto de limpeza utilizado; classe 5 – corresponde à maior facilidade de remoção de manchas.

Ao contrário de Machado *et al.* (2011), Dondi (2008) propõe duas estratégias para aumentar a resistência da placa cerâmica ao manchamento: aplicação de uma resina protetora sobre a superfície da placa após o polimento; rigoroso controle do processo de fabricação do corpo cerâmico, desde a formulação da massa até o seu polimento, incluindo o ciclo de queima executado de maneira apropriada.

O pesquisador justifica que a estratégia de utilização de resina protetora tem o objetivo de alterar os aspectos químicos e físicos da superfície do revestimento que exercem impacto sobre a resistência ao manchamento. Dessa maneira, alguns filmes protetores podem modificar a molhabilidade da superfície da placa enquanto outros produtos pretendem diminuir a sua microporosidade.

### **3.3 Manifestações Patológicas**

A etimologia da palavra patologia é a ciência que compreende o estudo de doenças que acometem um corpo ou matéria. Normalmente esse termo está associado à prática médica, porém ao longo dos anos tem sido empregado para estudar doenças em outros campos de conhecimento (Bolina *et al.*, 2019). Nesta perspectiva, Bolina *et al.* (2019) definem patologia das construções como a ciência que estuda as origens, os mecanismos de deflagração e evolução das manifestações patológicas, bem como as suas formas de manifestação com o objetivo de elaborar um diagnóstico e correção para os defeitos que atingem as edificações e seus elementos. Resumidamente, patologia é o campo da ciência que procura compreender os defeitos encontrados nas edificações conhecidos como manifestações patológicas bem como propor soluções para tais problemas.

Segundo Campante e Baía (2003) as manifestações patológicas no revestimento cerâmico podem surgir em diferentes fases do sistema construtivo. Quando não há uma preocupação em escolher materiais que se adequem as condições de uso nem tampouco se observa as interações do revestimento com outros elementos da edificação, as possíveis manifestações patológicas são oriundas da fase de projeto. Por outro lado, as manifestações patológicas são originadas também durante a execução, fase na qual uma mão-de-obra despreparada é responsável por este problema.

Dentre as manifestações patológicas que incidem sobre o sistema de revestimento

cerâmico em pisos destacam-se: Descolamento Cerâmico, Eflorescência, Trincas, Fissuras, Gretamento e Deterioração de Juntas.

### 3.3.1 Descolamento Cerâmico

Descolamento Cerâmico ilustrado na Figura 3 pode ser definido simplesmente como a perda de aderência entre as camadas. Quando as tensões solicitantes são maiores que a capacidade de aderência das ligações, ocorre a perda de aderência e conseqüentemente o desprendimento da placa cerâmica em parte ou inteiramente. Um sinal indicativo dessa manifestação patológica é o som cavo produzido pela placa cerâmica quando percutida, ademais há um estufamento da camada de acabamento. Essa manifestação patológica requer atenção, uma vez que pode provocar acidentes envolvendo usuários (Villela, 2015; Rhod, 2011).



Figura 3 - Descolamento Cerâmico (Santos, 2019)

Dentre as possíveis causas para o descolamento cerâmico pode-se citar: erro na preparação da argamassa colante e/ou má escolha da mesma para determinado tipo de placa cerâmica; não respeitar o tempo em aberto da argamassa; uso de técnicas e ferramentas inadequadas; contato insuficiente entre a placa cerâmica e a argamassa de assentamento; inexistência ou dimensionamento insuficiente de juntas de assentamento ou movimentação ou ainda falta de rejuntamento; ingresso de água; contaminação do tardo da peça por pó (Villela, 2015; Rhod, 2011).

É necessário a criação de uma junta de dessolidarização entre o piso e as paredes ou a estrutura ou ainda considerar o uso de juntas mais largas entre revestimentos cerâmicos com o objetivo de prevenir a ocorrência de descolamento cerâmico. Também deve-se atentar a regiões sujeitas a incidência solar, considerando nesses casos a adoção de argamassas colantes especiais com uma maior capacidade de aderência. Em situações como esta também se recomenda a especificação de revestimento cerâmico com menor teor de absorção de água, evitando assim o

fenômeno de expansão por umidade. Por fim, o ideal é buscar soluções durante a etapa de projeto de modo que seja feita uma minuciosa análise das deformações das estruturas ao longo da vida útil, evitando assim o descolamento cerâmico abrupto (Gongalves, 2012).

### 3.3.2 Eflorescência

Segundo Junginger e Medeiros (2002), a manifestação patológica conhecida como eflorescência, a qual é apresentada na Figura 4, é o resultado da deposição de sais, manifestando-se como manchas na placa cerâmica. Quando a água ingressa no substrato, ela tem a capacidade de dissolver os sais presentes, fazendo com que os mesmos sejam transportados até a superfície. Portanto para a ocorrência de tal fenômeno, ainda conforme Junginger e Medeiros (2002), é necessário a presença de água, gradiente hidráulico e sais solúveis.

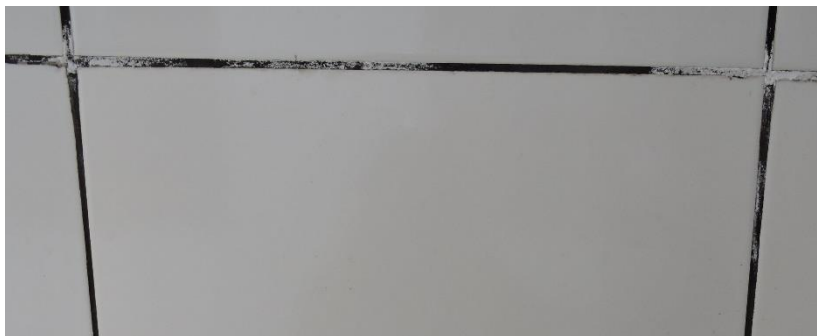


Figura 4 – Eflorescência

Menezes *et al.* (2006) traz a informação de que as eflorescências correspondem a um defeito mais de ordem estética do que estrutural. Apesar disso, ainda é um fenômeno que causa preocupação a fabricantes e construtores devido a sua complexidade e impactos econômicos.

Para evitar o surgimento de eflorescência, Fontenelle e Formoso (2007) propõem as seguintes medidas: restringir o consumo de cimento Portland na argamassa de emboço ou especificar cimento com baixo teor de álcalis; fazer o uso de placas cerâmicas de boa qualidade, isto é, peças que foram queimadas em altas temperaturas o que conduz a eliminação dos sais solúveis de sua composição e a umidade residual; respeitar o tempo necessário para que ocorra a secagem de todas as camadas antes de realizar o assentamento do revestimento cerâmico. Outra forma de evitar-se a eflorescência, de acordo com Ribeiro *et al.* (2018), é evitar a infiltração de umidade no interior do corpo cerâmico por meio de um sistema de impermeabilização eficiente.



### 3.3.3 Trincas, Fissuras e Gretamento

Quando as placas cerâmicas são solicitadas por esforços mecânicos pode ocasionar rompimentos resultando na separação do corpo em partes e por fim no surgimento de aberturas (Carvalho *et al.*, 2017). O nível de abertura classifica a manifestação patológica em dois tipos: trincas e fissuras como é ilustrado na Figura 5. Sendo que a primeira manifestação patológica tem uma abertura igual ou superior a 0,6 mm e outra tem um valor inferior a esse (ABNT NBR 15575-2, 2013). Por outro lado, gretamento, o qual é apresentado na Figura 6, consiste em uma série de aberturas em várias direções com uma abertura inferior a 1 mm e que acometem a superfície esmaltada da placa cerâmica (Fontenelle e Formoso, 2007).



Figura 5 - Fissuras e trincas

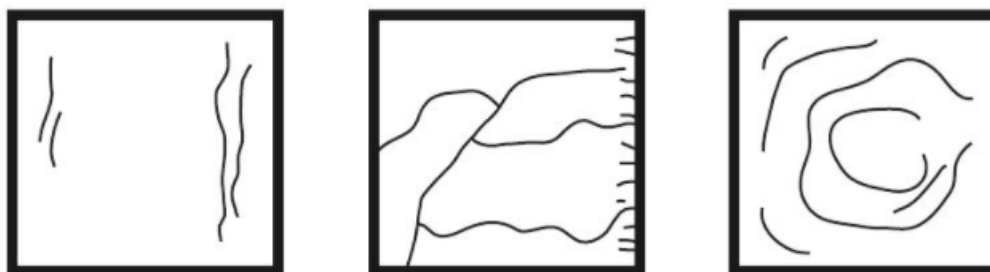


Figura 6 – Gretamento (Norma ABNT NBR ISO 10545-11, 2017)

As principais causas para a trinca, fissura e gretamento são: as trincas e fissuras surgem quando a capacidade de resistência da placa cerâmica não suporta as tensões internas oriundas do processo de dilatação e retração das mesmas. Já quando se trata de gretamento, o limite de

resistência da camada de esmalte foi aquele que foi ultrapassado pelas tensões solicitantes devido à expansão por umidade (Rhod, 2011; Campante e Baía, 2003); quando a argamassa de fixação não é dosada adequadamente pode ocorrer uma retração excessiva devido à perda de água de amassamento, o que leva ao surgimento de trincas, fissuras e gretamento (Rhod, 2011; Campante e Baía, 2003); a placa cerâmica em contato com água na forma líquida ou em vapor pode adsorver essa umidade e sofrer expansão, aumentando assim as dimensões do corpo cerâmico, o que resulta em gretamento do vidrado. Esse fenômeno conhecido como Expansão por Umidade (EPU) tem origem no processo de fabricação da placa cerâmica (Bauer e Rago, 2000).

Trincas, fissuras e gretamento são manifestações patológicas preocupantes, uma vez que por meio delas pode haver o ingresso de água resultando no surgimento de outros tipos de manifestações patológicas e comprometendo o desempenho de impermeabilização do sistema de revestimento. Diante do exposto, deve-se procurar evitar as causas destas manifestações patológicas. Santos (2019) ressalta a importância da escolha da peça cerâmica para evitar o gretamento considerando que peças de má qualidade podem vir a sofrer de exsudação por umidade, as trincas também podem ter sua origem remontada a fabricação e conseqüentemente a má qualidade da peça reflete na sua falta de capacidade de resistir aos esforços do revestimento no qual foi assentada. Portanto, Santos (2019) enfatiza que para a prevenção dessas manifestações patológicas, deve-se ter um controle de qualidade e fiscalização dos materiais utilizados na obra.

#### **3.3.4 Deterioração das Juntas**

A deterioração das juntas que está ilustrada na Figura 7 afeta o desempenho de todo o sistema de revestimento cerâmico, uma vez que as juntas têm como função absorver deformações da placa e garantir a sua estanqueidade, essa manifestação patológica também compromete o sistema porque facilita o ingresso de água no sistema de revestimento, viabilizando o surgimento de outras manifestações patológicas. Apesar disso, cabe ressaltar que são as argamassas de preenchimento das juntas de assentamento (rejuntas) e de movimentação, os componentes que são afetados mais diretamente (Valiati, 2009; Campante e Baía, 2003).



Figura 7 - Deterioração das juntas

A perda de estanqueidade é uma das formas pelas quais essa manifestação patológica se manifesta. Tal problema que pode ter início após a execução, tem seu aparecimento devido a diferentes causas: utilização de produtos de limpeza inadequados tais como ácidos e bases concentrados podem ocasionar na deterioração das juntas e aumento da sua porosidade superficial; quando os componentes são sujeitos a agentes atmosféricos agressivos; solicitações mecânicas causadas por movimentações estruturais (Fontenelle e Formoso, 2007).

Um outro sinal dessa manifestação patológica é o envelhecimento das juntas devido ao ataque de agentes agressivos como chuva ácida. A presença de uma quantidade significativa de resinas no rejunte podem levar ao envelhecimento e perda da coloração do mesmo. Além disso, o envelhecimento do material pode levar ao surgimento de fissuras, comprometendo ainda mais o desempenho (Fontenelle e Formoso, 2007).

### **3.3.5 Desgaste Mecânico**

O desgaste mecânico, o qual é ilustrado na Figura 8, consiste na degradação do esmalte da placa cerâmica, ocasionando a perda de material, mudança da aparência do revestimento com alteração de cor e brilho. Esse defeito se manifesta através da presença de riscos, microlascamentos e/ou desgastes (Villela, 2015; Tormen *et al.*, 2016).

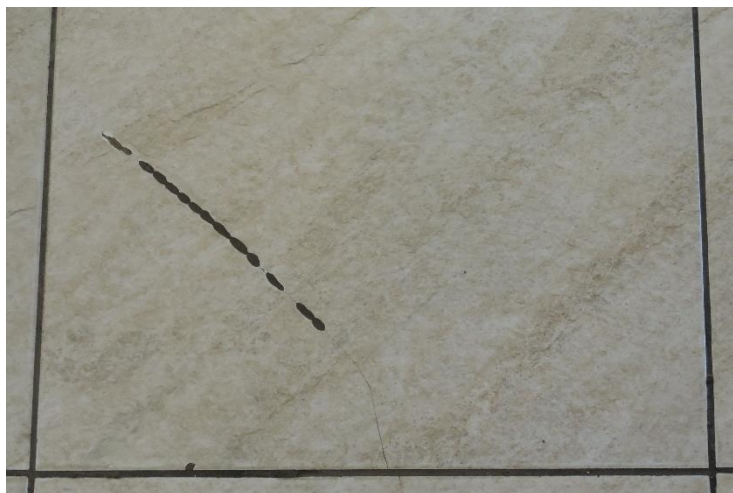


Figura 8 - Desgaste mecânico

Dias *et al.* (2000) afirmam que o microlascamento é um modelo que se adequa bem para explicar a remoção superficial do material de vidro das placas. Segundo o qual, indentações e riscamentos devido a ação de partículas abrasivas, ao primeiro momento resultam em uma região de deformação plástica. Com o decorrer do tempo, o carregamento provoca a formação de trincas que se curvam na direção da superfície, ocasionando assim a remoção de lascas do material do vidro. O grupo de pesquisa então sugere que a adição de alumina, mulita, titânia e zircônia à matriz vítrea tem a capacidade de propiciar incremento na resistência ao desgaste abrasivo, dessa maneira reduzindo a perda volumétrica de material.

Segundo Silvestre e Brito (2009) os defeitos provocados pelo desgaste mecânico são de caráter estético e não afetam o desempenho do revestimento cerâmico. O desenvolvimento de tais defeitos são o resultado de uma especificação incorreta em que os materiais são escolhidos tendo apenas o critério estético, desconsiderando as solicitações que o revestimento deverá resistir durante sua vida útil. Além disso, erros executivos também são umas das causas que tornam essa manifestação patológica tão comum, como foi constatado por Souza e Cascalho (2018) que durante a inspeção de 280 imóveis verificaram que uma parcela significativa apresentava desgaste mecânico.

Por outro lado, a pesquisadora Lot (2020) aponta que o desgaste mecânico associado ao envelhecimento e acúmulo de sujeira na superfície do piso provoca a redução da resistência ao escorregamento, o que aumenta o risco de acidentes. Dessa maneira os fabricantes não devem se atentar apenas as propriedades que alteram o aspecto visual original que normalmente é visto pelo consumidor como sinal de durabilidade, mas também devem se preocupar com essa questão agora

descrita (Tormen *et al.*, 2016).

### **3.4 Método de mensuração de degradação**

O método de mensuração de degradação (MMD) é uma ferramenta ordenada que pautando-se em vistorias quantifica em área as manifestações patológicas encontradas em fachadas de edifícios, obtendo-se indicadores de degradação como resultados (Souza *et al.*, 2019).

O MMD é realizado executando-se distintos procedimentos como a inspeção de fachadas, mapeamento de danos e quantificação de danos. Após a realização de tais procedimentos podem ser realizados os cálculos de diferentes indicadores de degradação, a título de exemplificação o fator de danos (FD).

O FD é um parâmetro inicial do estudo de degradação e representa a extensão de área degradada da fachada permitindo a promoção de diversas análises (Souza, 2019), como as zonas mais degradadas e quais as manifestações patológicas mais frequentes.

Outros índices de degradação que pode ser obtidos pelo MMD são o fator geral de degradação, o fator de danos ponderado e o índice de gravidade relativa, cada um contribuindo com diferentes análises, permitindo analisar-se o sistema de fachadas sob a ótica de distintos resultados.

## **4 METODOLOGIA**

O Método de Mensuração de Degradação (MMD) é um método desenvolvido por pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC) da Universidade de Brasília. O método tem o propósito de constatar o nível de degradação das fachadas e a influência sobre o desempenho do sistema de vedação. Uma base de dados foi construída ao longo de mais de 25 anos, inicialmente visando responder a demanda técnica de diagnóstico de manifestações patológicas em edifícios e posteriormente forneceu as informações necessárias para o desenvolvimento do MMD (Souza *et al.*, 2019; Pinheiro *et al.*, 2017).

A fim de avaliar a degradação em sistemas de pisos cerâmicos esmaltados é feita uma adaptação no MMD proposto por Silva (2014). Dessa maneira, o método é dividido nas seguintes etapas: definição das manifestações patológicas, escolha do local, investigação documental, inspeção, mapeamento de danos, quantificação de danos e cálculo do indicador Fator de Danos

(FD), como indicado na Figura 9.

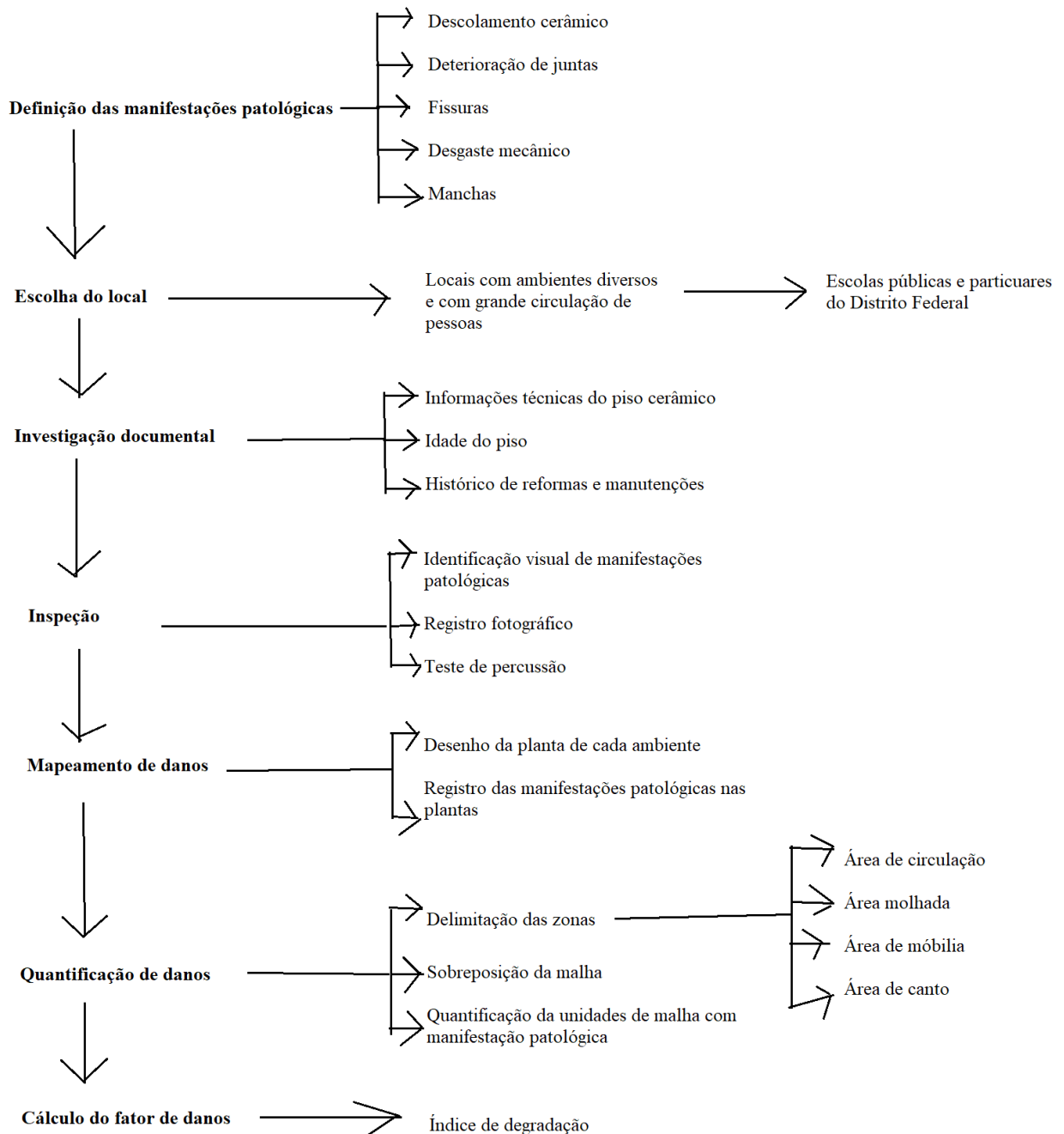


Figura 9 - Etapas do MMD

A degradação é um fenômeno que se manifesta das mais variadas formas em sistemas de piso. Assim são definidas cinco categorias de manifestações patológicas, as quais fundamentam o

método de mensuração de degradação desenvolvido nesta pesquisa, sendo elas: descolamento cerâmico, deterioração de juntas, eflorescência, fissuras ou gretamento e desgaste mecânico. Embora a literatura defina as aberturas no vidrado da placa cerâmico como fissuras ou trincas, a depender da dimensão da abertura, nesta pesquisa não é feita a distinção entre as mesmas, sendo ambas agrupadas em único grupo como fissuras.

Para adaptar-se o método em sistemas de piso cerâmico é determinado que o local de estudo estaria sujeito a circunstâncias propícias para o surgimento de manifestações patológicas. Assim, baseando-se em objetos de análise com variadas manifestações patológicas é possível realizar as devidas adaptações do método. O objeto de estudo refere-se a escolas do Distrito Federal, as quais o sistema de piso encontra-se sujeito a diferentes situações como grande circulação de indivíduos, limpezas com produtos químicos de forma constante, além de ter pisos expostos a distintas condições (áreas internas e externas).

Na etapa de investigação documental é feito o levantamento de informações como a idade por meio da possível existência de documentos ou relatos que os usuários da edificação possam oferecer, além de características técnicas do piso cerâmico. Sendo que estas últimas são informações encontradas na caixa do produto, as quais são fornecidas pelos fabricantes. Enquanto os responsáveis pela manutenção da edificação podem informar se há reserva e qual o tamanho da reserva do piso caso esse precise ser substituído. Caso exista documentos e/ou seja do conhecimento do usuário se houve manutenção durante sua vida útil, bem como o histórico de manifestações patológicas notadas pelos usuários são informações que tem como objetivo caracterizar-se o máximo possível o piso cerâmico estudado.

Nesse âmbito, é feita a inspeção, que consiste em identificar visualmente as manifestações patológicas presentes nos pisos ou também por meio de teste de percussão. O teste de percussão possibilita avaliar a aderência do revestimento cerâmico e identificar regiões com manifestação patológica. Assim, as placas cerâmicas são submetidas a pancadas por meio de um objeto rígido e as áreas que apresentarem som cavo indicando perda de aderência e descolamento cerâmico são identificadas e mapeadas. A partir de um esboço do ambiente em avaliação indica-se onde estão as manifestações patológicas identificadas. Faz-se então o registro por meio de câmera fotográfica digital com boa resolução para garantir que manifestações patológicas que venham a ser despercebidas no momento da inspeção possam ser detectadas na análise fotográfica. O nível de precisão da identificação das manifestações patológicas decorre das inspeções visuais e de um

adequado levantamento fotográfico (Pinheiro, 2016). Cabe ressaltar que durante a inspeção pode não ser possível verificar-se o piso inteiramente, uma vez que possam existir móveis fixos e outros empecilhos que não permitam a visualização e completa análise do piso cerâmico.

Dá-se então início ao mapeamento de danos. Utilizando-se um *software* desenha-se uma planta referente ao piso cerâmico, na qual são indicadas as manifestações patológicas encontradas durante a inspeção e nos registros fotográficos.

A quantificação de danos é feita para diferentes zonas definidas dentro do ambiente de estudo. Porém o MMD é concebido para fachadas, assim sendo as zonas propostas estão associadas a esse sistema de vedação. Nesse âmbito, tratando-se de piso cerâmico as zonas são adaptadas, sendo essas divididas em áreas de circulação de indivíduos, sendo essas áreas destinadas unicamente ao trânsito de pessoas, não sendo ocupadas por móveis, caixas de esgoto ou qualquer outro objeto; áreas próximas a móveis, por exemplo ao redor de mesas, cadeiras e fogões, considerando-se até uma peça cerâmica de distância do contorno do móvel em qualquer direção como parte dessa zona; áreas molhadas, próximas a pias, ralos e vasos sanitários, considerando-se até uma peça cerâmica de distância em qualquer direção do contorno dos objetos que caracterizam essa área; e áreas de cantos, considerando-se toda peça cerâmica de rodapés. Nesse viés, nota-se que essas zonas abrangem qualquer ambiente com piso cerâmico aplicado em ambientes escolares, sendo por isso definidas como as zonas padrão. Importante destacar que nem todos os ambientes terão todas as zonas padrão, como é o caso dos corredores, os quais, em geral, somente terão a área de circulação e próximas a rodapés. A Figura 10 apresenta o croqui de um ambiente o qual possui as quatro zonas.



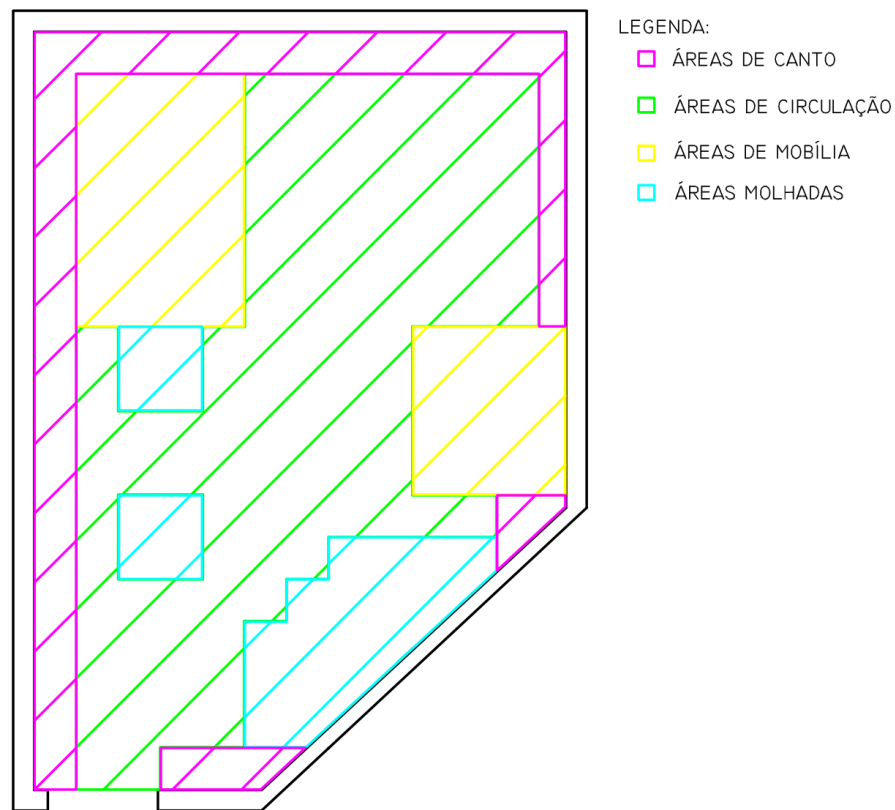


Figura 10 - Zonas para aplicação do MMD

A partir do mapeamento de danos e da divisão das áreas do piso cerâmico em zonas para serem analisadas individualmente, é feita a quantificação das manifestações patológicas. Para tanto, de acordo com o MMD é realizada a sobreposição de uma malha de unidade igual a 0,50m x 0,50m, ou seja, 0,25m<sup>2</sup> sobre o trecho inspecionado (Souza, 2019). Nessa perspectiva, são quantificadas as unidades que apresentam danos e essas unidades são separadas por manifestação patológica, sendo que uma mesma unidade pode conter mais de um tipo de manifestação patológica. Portanto, se por exemplo em uma unidade de malha forem verificadas quatro manifestações patológicas diferentes essa unidade é contabilizada quatro vezes, uma vez para cada manifestação patológica. Outra observação é que uma mesma manifestação patológica pode ocupar mais de uma unidade de malha. Nesse contexto, todas as unidades de área nas quais estão presentes tal manifestação são contabilizadas, mesmo que a manifestação patológica presente esteja predominantemente em uma unidade e minimamente na outra.

Contabilizadas as unidades da malha que possuem manifestações patológicas e separadas por zona e por tipo de manifestação patológica é feito então o cálculo do Fator de Danos. Este

índice de degradação que indica a frequência de ocorrência das manifestações patológicas numa dada amostra (Bauer *et al.*, 2015). Cabe ressaltar que devido à possibilidade de uma unidade de área da malha ser contabilizada mais de uma vez o FD pode resultar em valor superior a 1,00. O indicador FD deve ser calculado conforme a equação 1, que expressa a relação entre a área com manifestações patológicas e a área total da amostra.

$$FD = \Sigma \frac{Ad(n)}{At} \quad (1)$$

Onde:

FD – Fator de dano;

Ad (n) – Área danificada de cada tipo de manifestação patológica – (n);

At – Área total do piso cerâmico.

Segundo Souza (2019), diferentes indicadores de degradação procedem do emprego do MMD, os quais possibilitam análises mais específicas ou gerais do comportamento de degradação. Dentre esses indicadores, o FD é considerado como um indicador inicial que associa a extensão da manifestação patológica com a área total de estudo. Quanto maior o seu valor maior será a presença de manifestações patológicas na área analisada. Portanto, o indicador não avalia o impacto e importância de cada tipo de manifestação patológica no processo de degradação (Pinheiro, 2016).

O MMD foi aplicado a sistemas de pisos em três escolas de ensino fundamental do Distrito Federal, sendo que duas são públicas e uma privada e possuem idades que variam entre 21 e 46 anos. Os ambientes avaliados consistem em: sala de aula, área de recreação, corredor, banheiros, refeitórios de funcionários e diretoria. As peças dos pisos cerâmicos analisadas possuem características variadas entre si: em duas escolas haviam ambientes com peças claras e escuras e uma das escolas somente peças cerâmicas claras. As dimensões das peças cerâmicas eram de 0,13 x 0,26 m, 0,26 x 0,26 m, 0,33 x 0,33 m, 0,39 x 0,39 m e 0,45 x 0,45 m. A Figura 11 apresenta como exemplo o croqui do mapeamento das manifestações patológicas encontradas na inspeção do refeitório de funcionários da escola B com e sem a malha sobreposta, sendo os demais croquis apresentados no apêndice A.

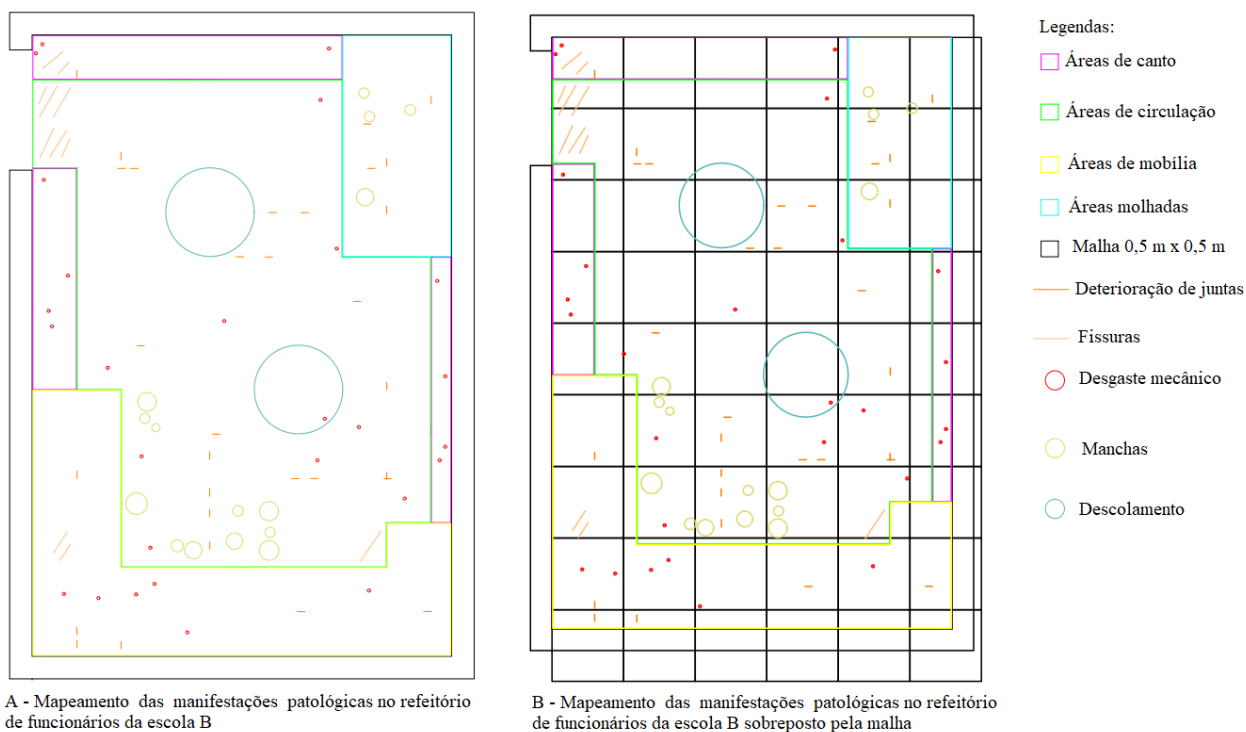


Figura 11 – Mapeamento de manifestações patológicas no refeitório de funcionários da escola B

A partir dos croquis ficam evidenciadas as manifestações patológicas encontradas em cada ambiente e como estão distribuídas.

## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

É apresentada na Tabela 4 as informações da área total da malha aplicada sobre cada ambiente e as áreas danificadas por cada tipo de manifestação patológica por ambiente.

Tabela 4 - Quantificação das manifestações patológicas e área das malhas

Área de Estudo	Quantificação das manifestações patológicas (m <sup>2</sup> )					Área da malha (m <sup>2</sup> )
	Fissuras	Deterioração mecânica	Deterioração de juntas	Descolamento	Manchas	
<b>Sala de Aula - Escola A</b>						
Áreas de circulação	0,75	1,75	0,25	0	0	48,75
Áreas de canto	0	1,5	0,75	0	0	48,75
Áreas de mobília	2,5	5,25	1,5	0	0	48,75

Tabela 4 - Quantificação das manifestações patológicas e área das malhas (continuação)

Áreas molhadas	-	-	-	-	-	-
<b>Área de recreação - Escola A</b>						
Áreas de circulação	1,75	10,25	4,25	0	0,5	137,25
Áreas de canto	0	3,5	2,25	0	0,75	137,25
Áreas de mobília	0	3	1	0	0,25	137,25
Áreas molhadas	-	-	-	-	-	-
<b>Corredor - Escola A</b>						
Áreas de circulação	1,5	4	0	0	0,75	47,25
Áreas de canto	3	1,5	0	0	3	47,25
Áreas de mobília	-	-	-	-	-	-
Áreas molhadas	-	-	-	-	-	-
<b>Banheiro 1 - Escola B</b>						
Áreas de circulação	0	0,5	2,5	3,75	1	25,5
Áreas de canto	0	0,5	0,5	1	0	25,5
Áreas de mobília	-	-	-	-	-	-
Áreas molhadas	0	0,75	1,5	0	2,5	25,5
<b>Banheiro 2 - Escola B</b>						
Áreas de circulação	0	0,75	2	3	1	25,5
Áreas de canto	0	0,5	0,75	0	0	25,5
Áreas de mobília	-	-	-	-	-	-
Áreas molhadas	0	2,25	1,75	0,75	4,5	25,5

Tabela 4 - Quantificação das manifestações patológicas e área das malhas (continuação)

<b>Refeitório / Copa 1 - Escola B</b>						
Áreas de circulação	1	2,5	3,25	4,25	1,25	13,5
Áreas de canto	0,25	1,75	0,75	0	0	13,5
Áreas de mobília	0,25	1	1,5	0	0	13,5
Áreas molhadas	0	0	0,75	0	1,25	13,5
<b>Refeitório / Copa 2 - Escola C</b>						
Áreas de circulação	1,25	6,5	3,25	2	4	20,5
Áreas de canto	0,25	5,25	0,5	0	1,75	20,5
Áreas de mobília	2	3,75	0,25	0	0,5	20,5
Áreas molhadas	0	0	1,5	0	2,5	20,5
<b>Diretoria - Escola C</b>						
Áreas de circulação	0,75	5,5	5,5	3,25	0	38,25
Áreas de canto	1,75	9	4	3	0,25	38,25
Áreas de mobília	1,75	0	1	1,5	0,25	38,25

A partir da equação 1 foi obtido o Fator de Danos em função da manifestação patológica, da escola e da zona.

Os valores de FD obtidos encontram-se nas Figuras 12 a 14.

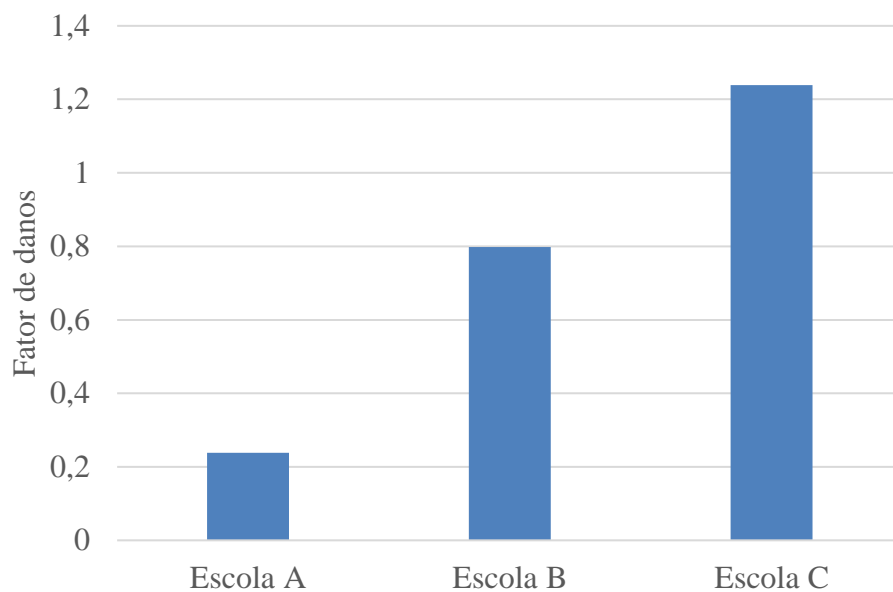


Figura 12 - Fator de danos das escolas

Nota-se que o FD das escolas B e C se sobressaem em relação aos outros valores, inferindo que essas são mais degradadas que a escola A, sendo a escola C apresentando um estágio mais avançado de degradação. Devido a pequena amostra de escolas não é possível fazer uma correlação entre a administração pública ou privada da escola e o comportamento de degradação do sistema de revestimento de piso cerâmico. Embora a menor burocracia em escolas particulares permita que reformas aconteçam com uma maior frequência e que poderia impactar no processo de degradação dos pisos. Além disso nota-se que o FD da escola C foi superior ao das outras escolas, podendo esse fato ser explicado em decorrência de frequentemente em uma mesma unidade de área da malha serem encontradas mais de um tipo de manifestação patológica, sendo essa área contada mais de uma vez, justificando-se assim também o valor do FD superior a 1 da escola C.

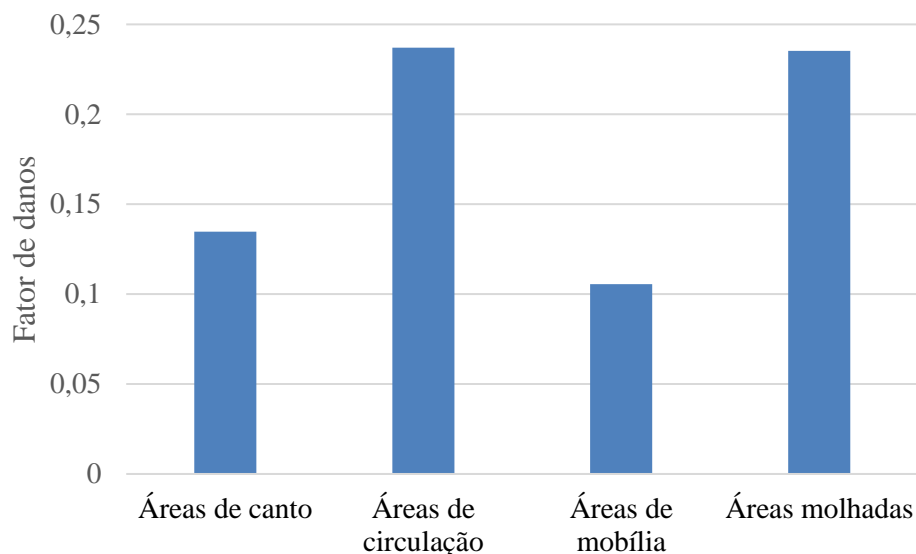


Figura 13 - Fator de danos das zonas

Em relação às zonas, as áreas de circulação e as áreas molhadas apresentam os maiores valores de índices de degradação. Isto indica uma tendência a degradação superior as demais zonas. Esse comportamento pode ser explicado em decorrência principalmente da própria circulação de indivíduos nas áreas de circulação e de possíveis infiltrações nas áreas molhadas, uma vez que durante as inspeções foi observado o vazamento de água ao redor de alguns vasos sanitários e pias e as placas cerâmicas desta região apresentavam manchas. Enquanto as áreas de mobília apresentaram valores mais baixos de degradação indicando uma tendência menor a degradação do que as outras zonas. Embora algumas peças de mobílias possam ser deslocadas de lugar e a sua movimentação possa provocar solicitações no piso, conseqüentemente estando o sistema sujeito ao desgaste mecânico. No entanto, os valores superiores de fator de danos nas zonas de circulação indicam que o desgaste mecânico provocado pela circulação de pessoas poderia causar mais degradação ao sistema de pisos do que a movimentação de móveis. Embora as zonas onde estão delimitadas as áreas de canto sejam regiões de descontinuidade do sistema de revestimento de piso cerâmico, os resultados apresentaram a zona como uma daquelas menos degradada. Porém os resultados não permitem afirmar se há uma correlação entre as extremidades do sistema de pisos e o surgimento de manifestações patológicas.

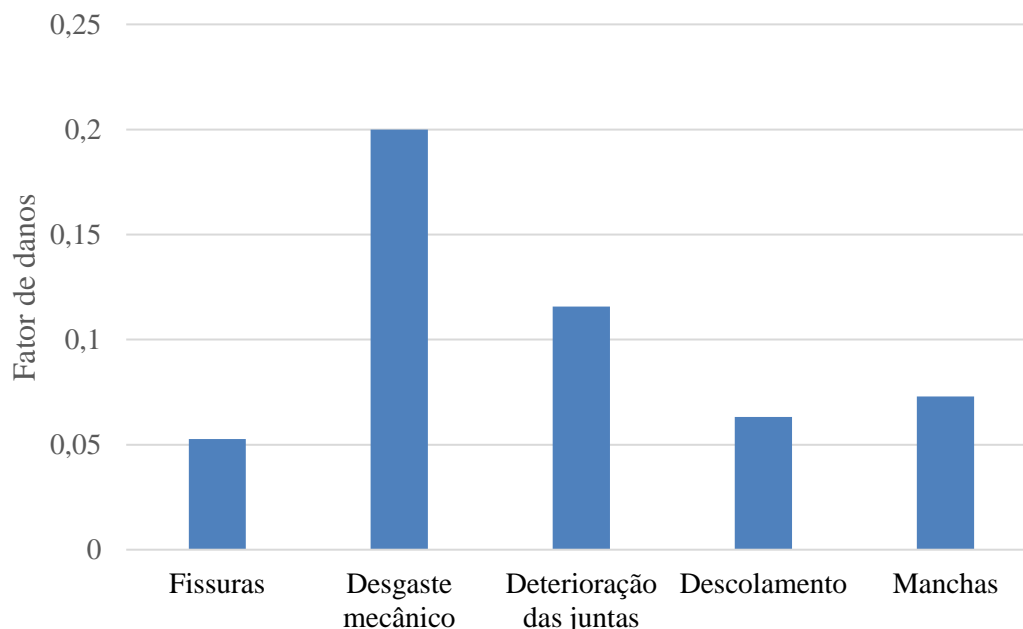


Figura 14 - Fator de danos das manifestações patológicas

O resultado do Fator de Danos em função das manifestações patológicas pode ser observado na Figura 14. Verifica-se que a manifestação patológica Desgaste mecânico apresenta um valor de indicador de degradação superior em relação as demais manifestações, sendo esse valor próximo a 0,2. Esse valor pode ser considerado significativo, pois representa a extensão média de danos de todas as placas cerâmicas da amostragem. Ao comparar o Desgaste mecânico com a segunda manifestação patológica que se destaca em termos de magnitude do FD, neste caso Deterioração das juntas observa-se que o FD do Desgaste mecânico é quase o dobro do primeiro, evidenciando ainda mais seu caráter significativo. Além disso, o valor do FD da manifestação patológica Deterioração das juntas que é aproximadamente 0,1, é um valor que em si não é desprezível.

A Figura 15 apresenta a frequência de cada tipo de manifestação patológica e mostra que com exceção do desgaste mecânico as outras manifestações patológicas ocorrem com frequências semelhantes. Nesse âmbito, a maior frequência do desgaste mecânico ocorreu principalmente por conta da execução de cortes de partes do piso para substituições de algumas placas cerâmicas. Outro fator contribuinte para maior frequência do desgaste mecânico está relacionado com o ambiente escolar, no qual pela contínua movimentação de cadeiras e impactos destas com o piso geram mais manifestações patológicas desse tipo. Assim, o desgaste mecânico apresenta o maior valor do indicador de degradação em relação as outras manifestações patológicas.

Embora a fissura seja a manifestação menos frequente, esta tem o potencial de comprometer



a funcionalidade do piso cerâmico, permitindo a infiltração de água e acarretando no surgimento de novas manifestações patológicas, uma vez que a água é um dos principais agentes de degradação.

De acordo com a Figura 15, o descolamento cerâmico é a segunda manifestação patológica menos frequente nas escolas objeto de estudo, quando as placas cerâmicas estão destacadas o usuário percebe visualmente a manifestação patológica não sendo necessário a realização do ensaio a percussão. Além disso, o descolamento cerâmico em ambientes escolares não é um mero defeito estético, mas representa um possível catalisador de acidentes para crianças e adolescentes que circulam por esses ambientes.

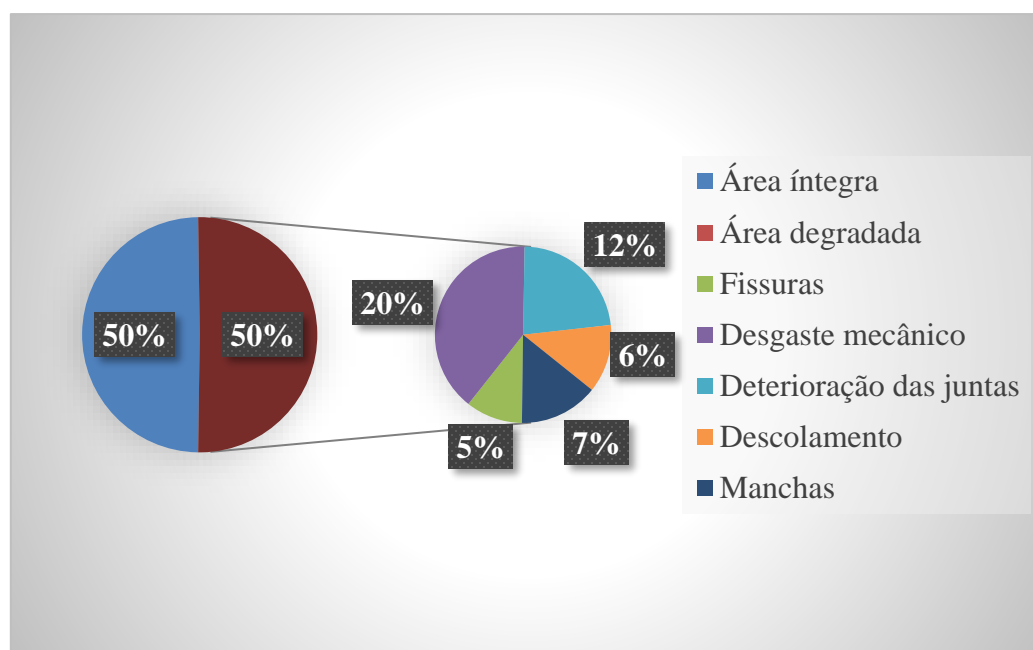


Figura 15 - Frequência de manifestações patológicas presentes no piso cerâmico

As escolas inspecionadas não possuíam nenhum registro documentando as especificações da placa cerâmica aplicadas nos ambientes, tampouco os usuários sabiam quando foram feitas reformas ou a idade dos pisos cerâmicos. Portanto, a indisponibilidade de informações técnicas não possibilita uma análise mais aprofundada dos dados. Além disso, a dificuldade em obter informações construtivas sobre as intervenções de manutenção, inspeção e mesmo a idade das edificações é um empecilho para a compreensão da vida útil e durabilidade das construções (Souza *et al.*, 2018). No entanto, dispõem-se a informação de que a escola B que é pública foi reformada recentemente, a escola C, também pública, seria reformada.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho teve por pretensão avaliar-se manifestações patológicas em pisos cerâmicos sob a ótica do Método de Mensuração de Degradação, utilizando-se como índice de degradação o fator de danos. Nesse âmbito, a aplicação do método permitiu a realização de análises como a frequência de ocorrência de cada manifestação patológica e quais zonas são mais propensas a degradação.

Houve a constatação de que o Método de Mensuração de Degradação, inicialmente desenvolvido para fachadas, ao passar por adaptações pode ser aplicado também a pisos cerâmicos, sendo necessária, entretanto, a aplicação do método em mais estudos de caso para que haja a validação de prováveis hipóteses que surjam a partir dos resultados e a realização de possíveis ajustes no método adaptado.

Foi possível chegar-se a valores de fator de danos para diferentes casos, sendo factível a realização da análise da extensão de danos e da frequência de manifestações patológicas, podendo tais análises contribuir com tomadas de decisões no que concerne a reformas e manutenções em sistemas de pisos cerâmicos.

Propõe-se a aplicação do Método de Mensuração de Degradação em novos estudos de caso em outras escolas, para a partir da compilação de resultados validar-se possíveis análises resultantes da utilização da metodologia em pisos com revestimento cerâmico esmaltado.

## **7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15575-3 (2013): Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 13818 (1997): Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 13753 (1996): Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR ISO 10545-3 (2020): Placas cerâmicas – Parte 3: Determinação da absorção de água, porosidade aparente, densidade relativa aparente e densidade aparente. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR ISO 10545-10 (2017): Placas cerâmicas – Parte 10: Determinação da expansão por umidade. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR ISO 10545-11 (2017): Placas cerâmicas – Parte 11: Determinação da resistência ao gretamento de placas esmaltadas. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR ISO 10545-13 (2020): Placas cerâmicas – Parte 13: Determinação da resistência química. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR ISO 10545-14 (2017): Placas cerâmicas – Parte 14: Determinação da resistência ao manchamento. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR ISO 13006 (2020): Placas cerâmicas – Definições, classificação, características e marcação. Rio de Janeiro.

Abitante, A. L. R.; Bergamann, C.P; Ribeiro, J.L.D. (2004) Considerações sobre a durabilidade de placas cerâmicas esmaltadas solicitadas por abrasão. *Cerâmica Industrial*, v. 9, n.2, p. 23-32.

Araújo, A.; Romachelli, J. C.; Martins, M. F. (2001) Análise crítica do setor de revestimentos cerâmicos no Brasil. Parte I: Histórico Recente. *Cerâmica Industrial*, v.6, n.4, p. 29-34.

Bauer, R. J. F.; Rago, F. (2000) Expansão por Umidade de Placas Cerâmicas para Revestimento. *Cerâmica Industrial*, v.5, n.3, p. 41-45.

Bauer, E.; Castro, E. K.; Silva, M. N. B. (2015) Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília. *Cerâmica*, v. 61, p. 151-159.

Bolina, F. L.; Tutikian, B. F.; Helene, P. Patologia de estruturas. *Oficina de Textos*, v. 3, f. 160, 2019. 320 p.

.

Campante, E. F.; Baía, L. L. M. (2003) Projeto e execução de revestimento cerâmico. Nome da Rosa. 104 p.

Carvalho, J. R.; Furtado, F. C. N.; Andrade, T.; Costa e Silva, A. J. (2017) Avaliação para intervenção em revestimento aderido de fachada – Estudo de caso na cidade do Recife. Revista Técnico Científica do CREA-PR, v.1, p.1.

Chen, Y.; Zhang, Y.; Chen, T.; Liu, T.; Huang, J. (2013) Preparation and characterization of red porcelain tiles with hematite tailings. Construction and Building Materials, China, v.38, p. 1083-1088.

Delbianco, G. A. B. (2003) Propriedades Físico-Químicas de Vidrados Cerâmicos Preparados com Rejeitos Galvânicos Atuando como Corantes. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. São Paulo, Brasil.

Dias, L. L.; Quinteiro, E.; Boschi, A. O. (2000) Efeito da Adição de Alumina, Mulita, Titânia e Zircônia sobre a Resistência ao Desgaste de Vidrados Cerâmicos. Cerâmica Industrial, v. 5, n. 3, p. 19-24.

Dondi, M.; Raimondo, M.; Zanelli, C. (2008) Resistência ao Manchamento de Revestimentos Cerâmicos. Cerâmica Industrial, v. 13, n. 5, p. 39-45.

Fontenelle, M. A. M.; Formoso, C.T.F. (2007) Revestimento cerâmico em fachadas – estudo de causas de patologia. Catálogo de ativos – 2007- Comunidade da Construção, v.1, p. 1-152.

Gonçalves, D. K. R. (2012) Patologias em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios. Trabalho de conclusão de curso. Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil.

Junginger, M.; Medeiros, J. S. (2002) Ação da eflorescência de carbonato de cálcio sobre o vidrado de placas cerâmicas. IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC

2002, Foz do Iguaçu, Brasil; maio 2002.

Lot, A. V. (2020) Resistência ao escorregamento de revestimentos cerâmicos: Avaliação por diferentes métodos, correlações com a topografia e o desgaste da superfície durante o uso. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, Brasil.

Machado, M. M.; Carminati, M. S.; Pereira, B. R.; Luza, A. L.; Montedo, O. R. K. (2011) Aumento da Resistência ao Manchar de Placas Cerâmicas do Tipo Porcelanato Técnico Polido. *Cerâmica Industrial*, v. 16, n. 5-6, p. 15-18.

Menezes, R. R.; Ferreira, H. S.; Neves, G. A.; Ferreira, H. C. (2006) Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção – revisão. *Cerâmica*, v. 52, p. 37-49.

Menezes, R.R.; Sagadães, A. M.; Ferreira, H. S.; Ferreira, H. C. (2003) Análise da expansão por umidade e adsorção de água de pisos cerâmicos comerciais em relação à composição química e à quantidade estimada de fase vítrea. *Cerâmica*, v. 49, p. 72-81.

Pessanha, D. F.; Alexandre, J.; Lima, J. A. P.; Azevedo, A. R. G.; Zanelato, E. B. (2019) Ensaio não destrutivo em revestimento cerâmico utilizando um protótipo para detecção de patologia. *Materia*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 4.

Pinheiro, P. I. S. (2016) Aplicação do método de mensuração da degradação (MMD) ao estudo das fachadas de edifícios em Brasília. Trabalho de conclusão de curso. Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade de Brasília. Brasília, Brasil.

Pinheiro, P. I. S.; Bauer, E.; Souza, J. S. (2017) Aplicação do Método de Mensuração da Degradação com a finalidade de quantificação da vida útil. Simpósio de argamassas e soluções térmicas – SBTA, Coimbra, Portugal.

Pires, L.; Mascolo, R.; Abitante, A. L. R. (2011) Desempenho de Pisos Cerâmicos Esmaltados Frente às suas Especificações. *Cerâmica Industrial*, v. 16, n.4, p. 7-12.

Prado, U.S.; Bressiani, J. C. (2013) Panorama da Indústria Cerâmica na Última Década. *Cerâmica Industrial*, v.18, p. 7-11.

Razera, E. A. B. (2015) Estudo da suscetibilidade ao manchamento em placas cerâmicas e porcelanatos. Trabalho de conclusão de curso. Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, Brasil.

Revestimentos Cerâmicos (pisos e azulejos). INMETRO. Disponível em:<  
<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/revestimentos.asp#resumo> >. Acesso em 26 de março de 2021.

Rhod, A. B. (2011) Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos: análise da frequência de ocorrência em áreas internas de edifícios em uso em Porto Alegre. Trabalho de conclusão de curso. Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, Brasil.

Rossini, M. A. A. (1992) Resistência à abrasão de vidrados utilizados para revestimento de piso cerâmico. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.

Santos, Y. M. (2019) Análise de patologia de pisos cerâmicos: Um estudo de caso. *Revista Boletim do Gerenciamento*, n. 10, p. 31- 42.

Silva, M. N. B. (2014) Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – Aplicação ao caso de Brasília/DF. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília, Brasil.

Silva, M. N. P.; Silva, M. N. P.; Barrionuevo, B. U. S.; Feitosa, I. M.; Silva, G. S. (2015) Revestimentos cerâmicos e suas aplicabilidades. *Caderno de graduação: ciência exatas e tecnológicas*. Centro Universitário Tiradentes, v.2, p. 87-97.

Silvestre, J. D.; Brito, J. (2009) Ceramic tiling inspection system. *Construction and Building Materials*, v. 23, n. 2, p. 653-668.

Souza, I. C.; Cascalho, V. B. F. (2018) Pisos e revestimentos cerâmicos: uma visão técnica x estética. Trabalho de conclusão de curso. Bacharelado em Engenharia Civil. Centro Universitário de Goiás Uni – Anhanguera. Goiás, Brasil.

Souza, J.; Silva, A.; De Brito, J.; Bauer, E. (2018) Application of a graphical method to predict the service life of adhesive ceramic external wall claddings in the city of Brasília, Brazil. *Journal of Building Engineering*, v. 19, p. 1-13.

Souza, J. S. (2019) Impacto dos fatores de degradação sobre a vida útil de fachadas de edifícios. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília, Brasil.

Souza, J.; Piazzarollo, C.; Bauer, E. (2019) Aplicação do método de mensuração de degradação em revestimentos de fachadas. 2º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos – TECSIC 2019, São Paulo, Brasil; agosto de 2019.

Tormen, A. F.; Bueno, G. M.; De Marco, C. E. G.; Silva, C. V. (2016) Manifestações Patológicas em Revestimentos Cerâmicos Esmaltados em Ambientes Internos: Análise da Influência dos Processos Construtivos em Alvenaria Convencional e Estrutural. *Cerâmica Industrial*, v. 21, n. 2, p. 26-35.

Valiati, V. G. (2009) Estudo da estanqueidade de rejuntas em revestimentos cerâmicos externos. Trabalho de conclusão de curso. Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, Brasil.

Vieira, A. W. (2016) Comparação entre métodos para determinação da absorção de água em placas cerâmicas de revestimento – porcelanato. Dissertação de mestrado. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Santa Catarina, Brasil.

Villela, T. R. (2015) Análise comparativa do desempenho, produção e manutenção de revestimentos cerâmicos em pisos. Trabalho de conclusão de curso. Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, Brasil.

Ribeiro, I. J. C.; Barbosa, G. E.; Silva, O.; Araújo, D. T. R.; Lucena, A. D. (2018) Implantação de métodos de tratamento para combater as eflorescências. Revista Principia. Divulgação científica e tecnológica do IFPB. Instituto Federal da Paraíba. Paraíba, Brasil.



## 8 APÊNDICE A - CROQUIS

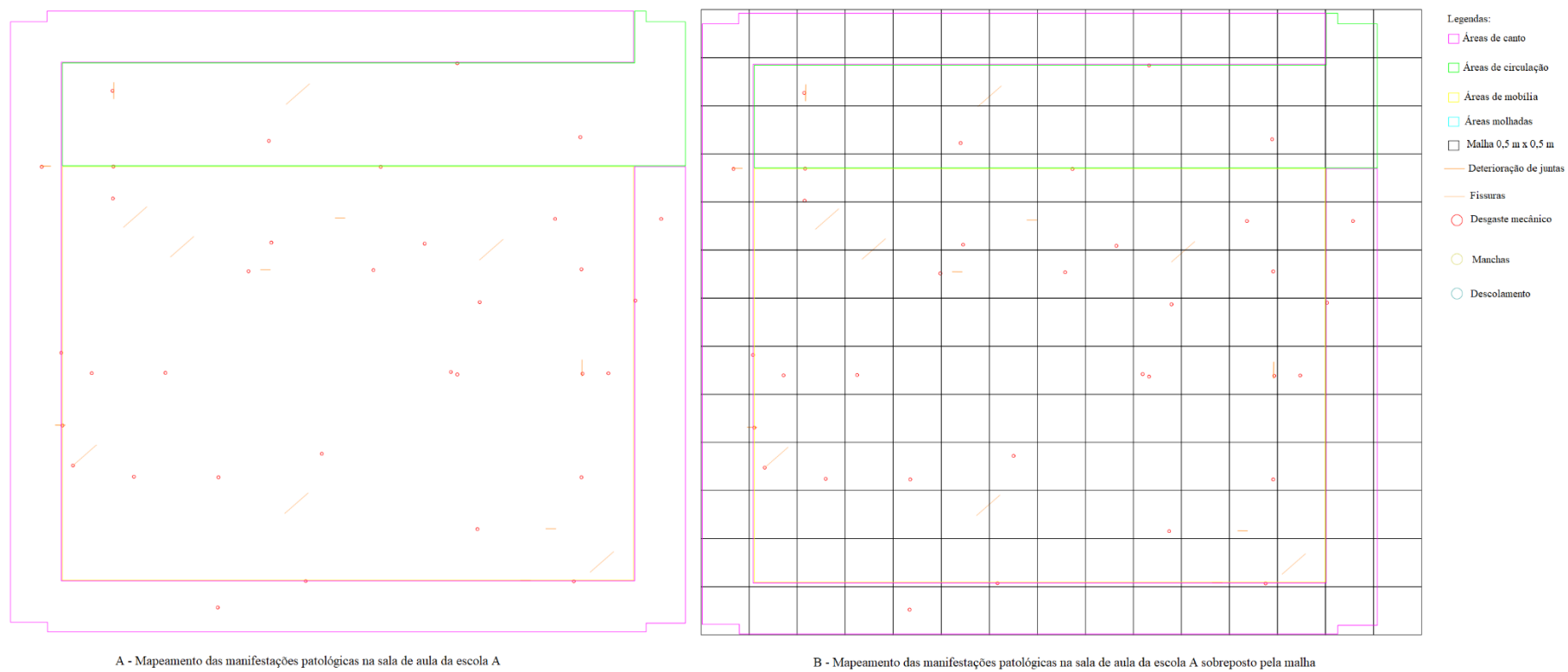
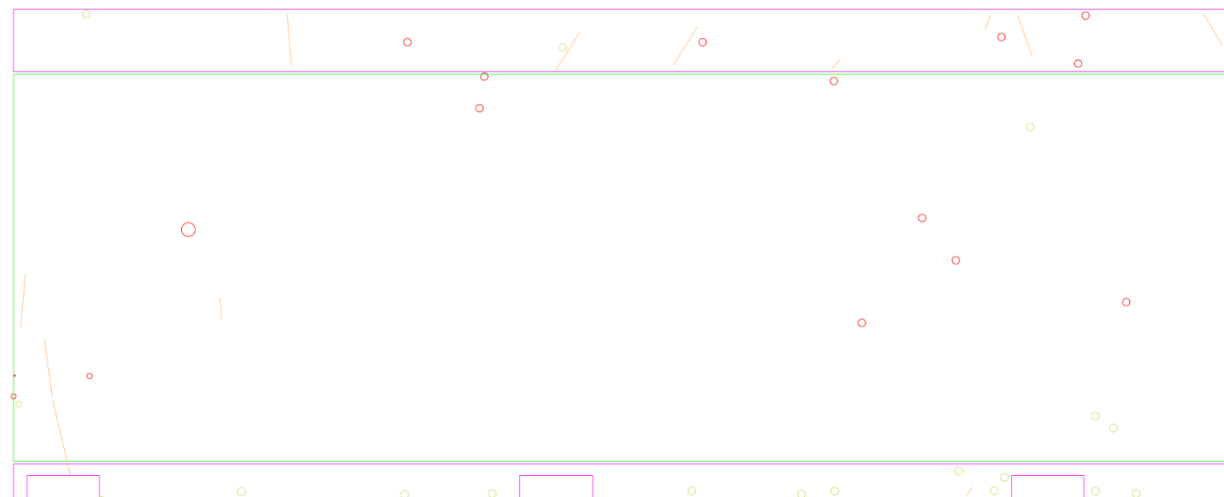
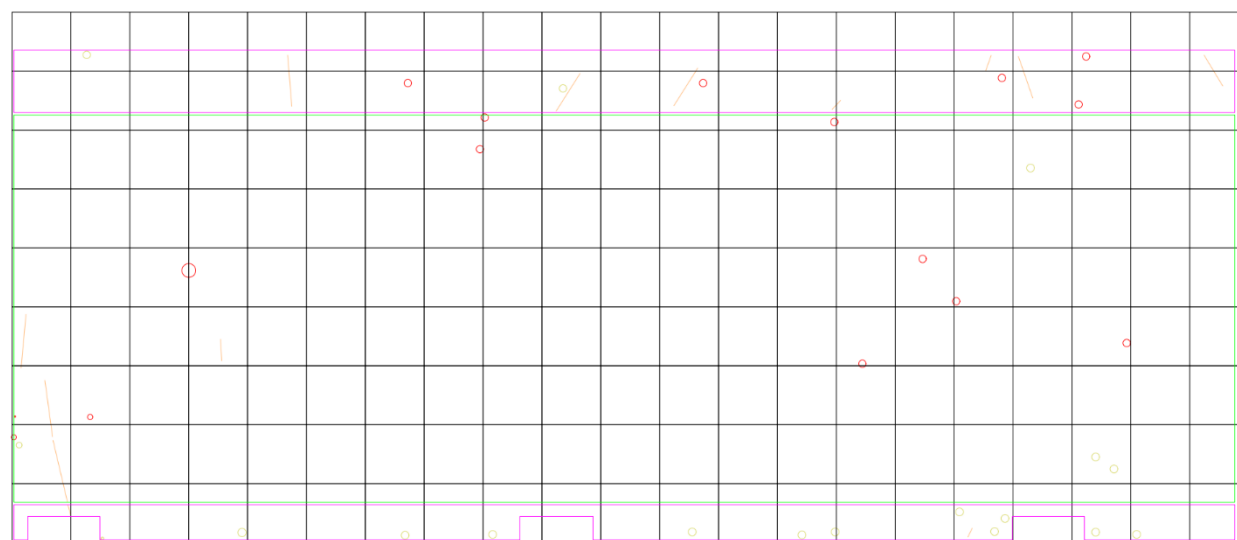


Figura 16 - Mapeamento de manifestações patológicas na sala de aula da escola A



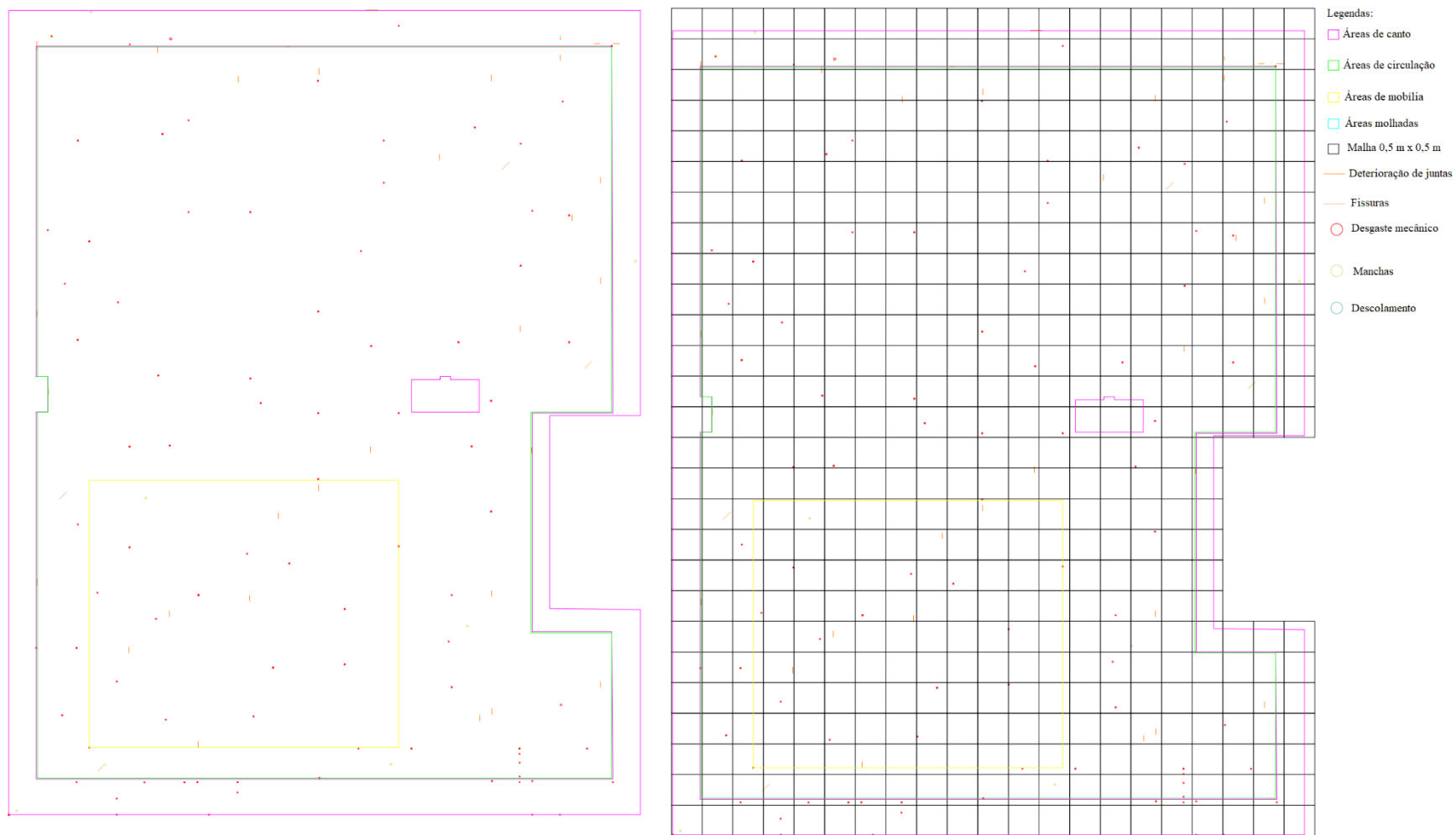
A - Mapeamento das manifestações patológicas no corredor da escola A

- Legendas:
- Áreas de canto
  - Áreas de circulação
  - Áreas de mobília
  - Áreas molhadas
  - Malha 0,5 m x 0,5 m
  - Deterioração de juntas
  - Fissuras
  - Desgaste mecânico
  - Manchas
  - Descolamento



B - Mapeamento das manifestações patológicas no corredor da escola A sobreposto pela malha

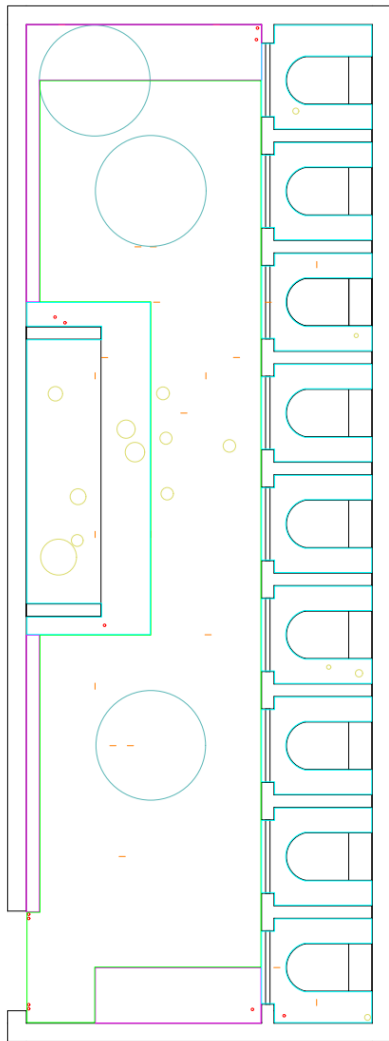
Figura 17 - Mapeamento de manifestações patológicas no corredor da escola A



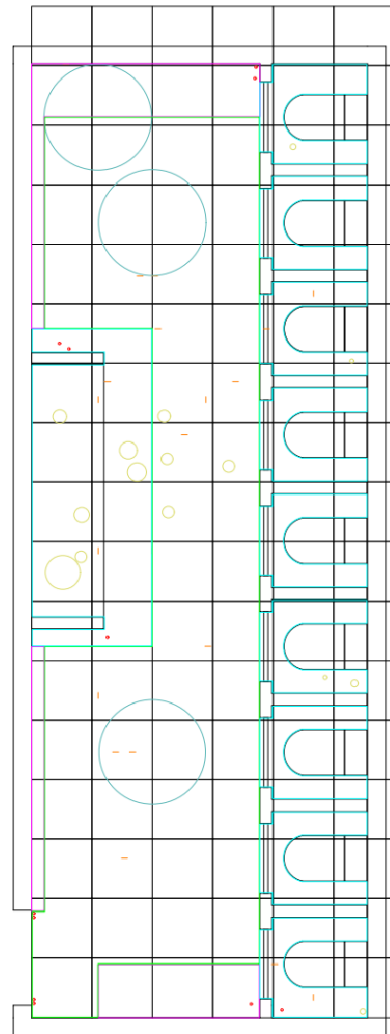
A - Mapeamento das manifestações patológicas na área de recreação da escola A

B - Mapeamento das manifestações patológicas na área de recreação da escola A sobreposto pela malha

Figura 18 - Mapeamento de manifestações patológicas na área de recreação da escola A



A - Mapeamento das manifestações patológicas no banheiro 1 da escola B

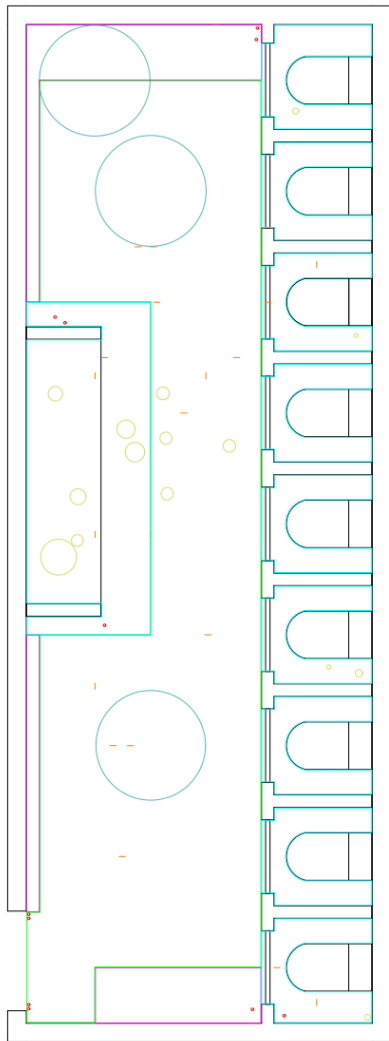


B - Mapeamento das manifestações patológicas no banheiro 1 da escola B sobreposto pela malha

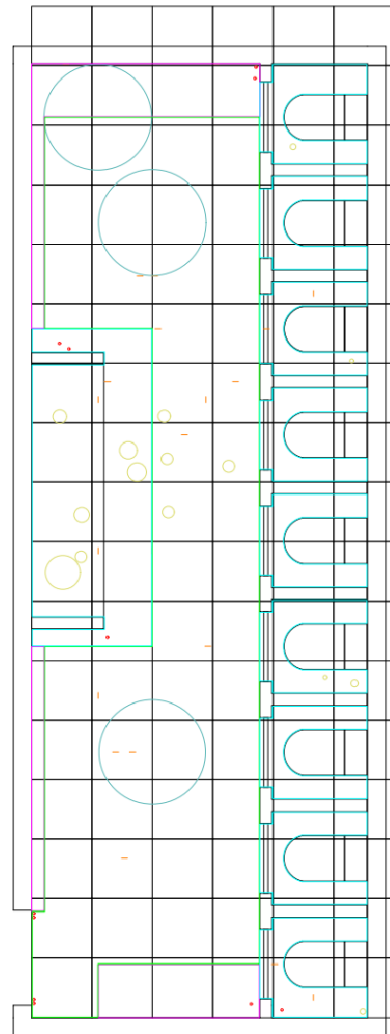
Legendas:

- Áreas de canto
- Áreas de circulação
- Áreas de mobília
- Áreas molhadas
- Malha 0,5 m x 0,5 m
- Deterioração de juntas
- Fissuras
- Desgaste mecânico
- Manchas
- Descolamento

Figura 19 - Mapeamento de manifestações patológicas no banheiro 1 da escola B



A - Mapeamento das manifestações patológicas no banheiro 1 da escola B

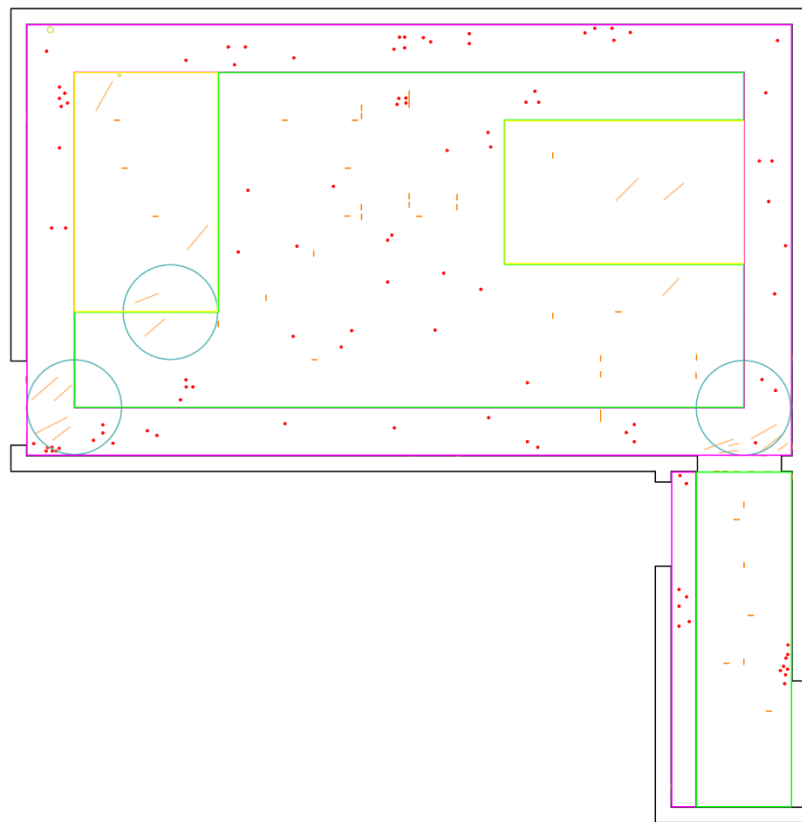


B - Mapeamento das manifestações patológicas no banheiro 1 da escola B sobreposto pela malha

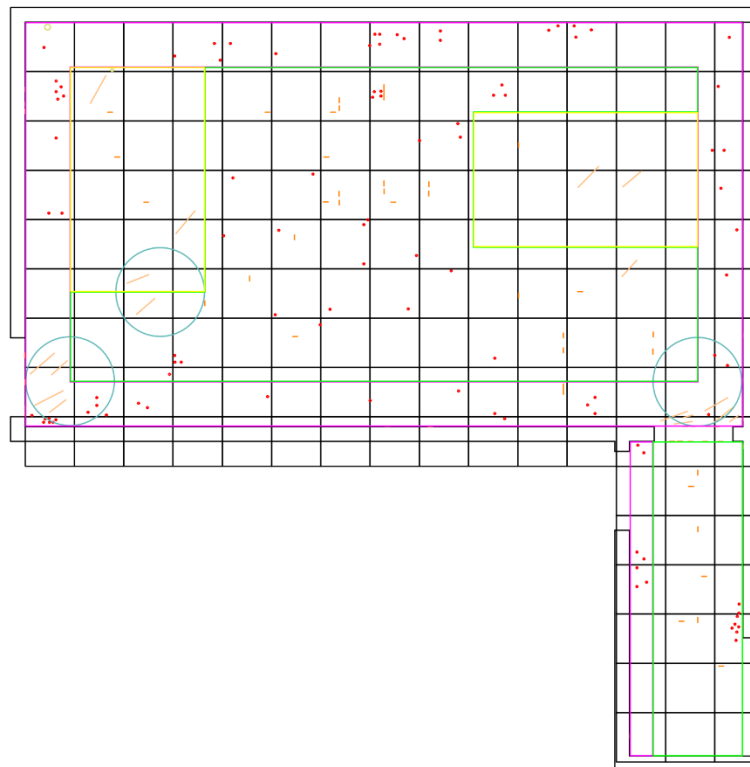
Legendas:

- Áreas de canto
- Áreas de circulação
- Áreas de mobília
- Áreas molhadas
- Malha 0,5 m x 0,5 m
- Deterioração de juntas
- Fissuras
- Desgaste mecânico
- Manchas
- Descolamento

Figura 20 - Mapeamento de manifestações patológicas no banheiro 2 da escola B



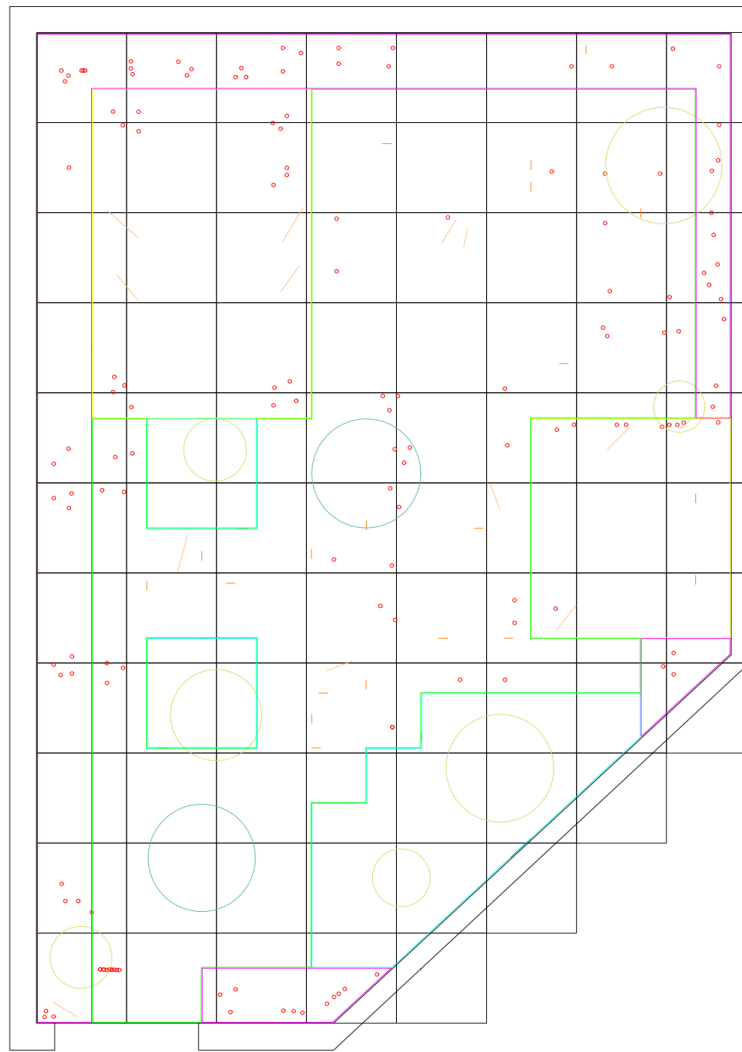
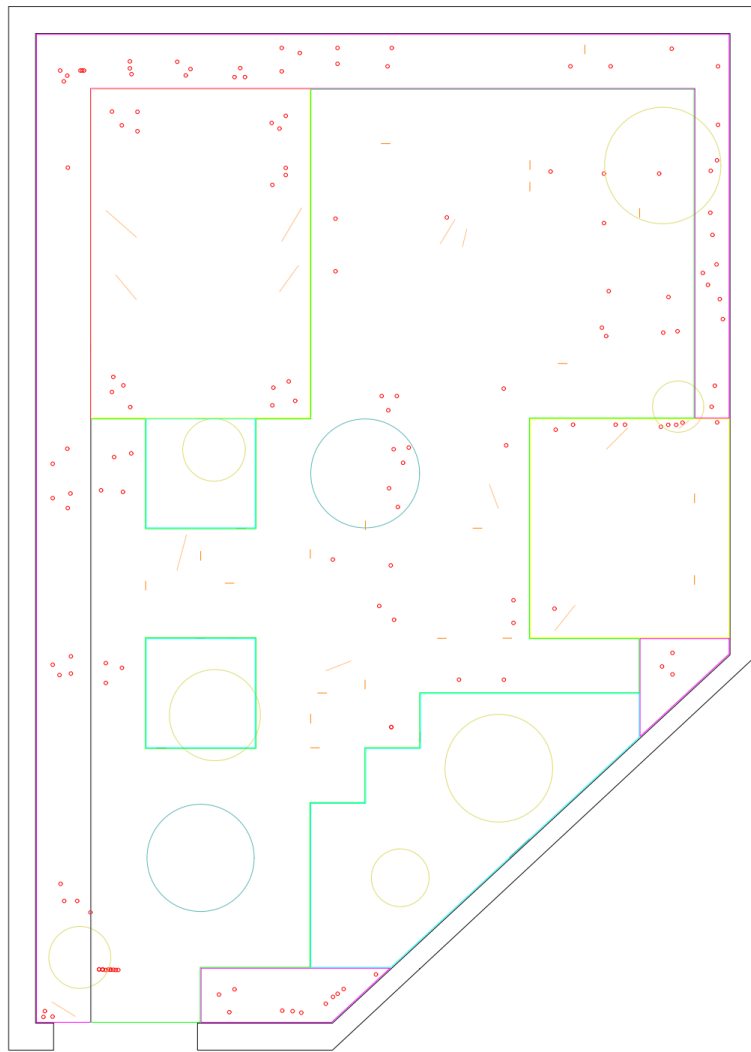
A - Mapeamento das manifestações patológicas na diretoria da escola C



B - Mapeamento das manifestações patológicas na diretoria da escola C sobreposto pela malha

- Legenda:
- Áreas de canto
  - Áreas de circulação
  - Áreas de mobilias
  - Áreas molhadas
  - Malha 0,5 m x 0,5 m
  - Deterioração de juntas
  - Fissuras
  - Desgaste mecânico
  - Manchas
  - Descolamento

Figura 21 - Mapeamento de manifestações patológicas na diretoria da escola C



- Legendas:
- Áreas de canto
  - Áreas de circulação
  - Áreas de mobília
  - Áreas molhadas
  - Malha 0,5 m x 0,5 m
  - Deterioração de juntas
  - Fissuras
  - Desgaste mecânico
  - Manchas
  - Descolamento

A - Mapeamento das manifestações patológicas no refeitório de funcionários da escola C

B - Mapeamento das manifestações patológicas no refeitório de funcionários da escola C sobreposto pela malha

Figura 22 - Mapeamento de manifestações patológicas no refeitório de funcionários da escola C

