

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MARIA EDUARDA FERRAZ CARVALHO

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS COM COMPOSIÇÃO
EM PEDRA NATURAL: ESTUDO DE CASO EM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL
LOCALIZADO NA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO - SP**

Ilha Solteira
2023

MARIA EDUARDA FERRAZ CARVALHO

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS COM
COMPOSIÇÃO EM PEDRA NATURAL: ESTUDO DE CASO EM
EMPREENDIMENTO EM RIBEIRÃO PRETO - SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
UNESP como parte dos requisitos para obtenção
do Grau de Engenharia Civil.

Nome do orientador
Marco Antônio de M. Alcântara

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C331m Carvalho, Maria Eduarda Ferraz.
Manifestações patológicas em revestimentos com composição em pedra natural: estudo de caso em empreendimento residencial localizado na cidade de Ribeirão Preto - sp / Maria Eduarda Ferraz Carvalho. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
43 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Marco Antônio de Moraes Alcântara

Inclui bibliografia

1. Revestimentos em pedra natural. 2. Patologia. 3. Construção civil.


Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção
Setor Técnico de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CEN/8 - 9999

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: MARIA EDUARDA FERRAZ CARVALHO

Titulo: " MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS COM COMPOSIÇÃO EM PEDRA NATURAL: ESTUDO DE CASO EM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO - SP. "

COMISSÃO EXAMINADORA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira

Prof. Dr. Marco Antônio de Moraes Alcântara

UNESP – Campus de Ilha Solteira (Orientador)

Prof (a). Dr (a). Claudia Scoton Antonio Marques (Examinadora)

UNESP – Campus de Ilha Solteira

MSc. Rodrigo Andraus Bispo (Examinador)

UNESP – Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira

30/06/2023

“Dedico este trabalho a vida, que pela sua
imprevisibilidade me leva aos melhores
caminhos, que me permite ser quem eu sou e
experienciar essa dádiva, que é viver”

AGRADECIMENTOS

Ao professor Marco Antônio de Moraes Alcântara pela orientação e apoio imprescindível na elaboração deste trabalho.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Civil que contribuíram diretamente e indiretamente para a minha formação como pessoa e profissional.

Às minhas amigas Maria Júlia, Leilane e Christie por todo apoio, companheirismo e pelos bons momentos vividos ao longo da graduação.

À toda minha família, em especial minha mãe, Alessandra, meu pai, Rogério e meu irmão, João Gabriel, que foram minha base durante toda a jornada da graduação e me deram suporte em todos os momentos que precisei.

À minha namorada, Lara, pela paciência, apoio e incentivo durante a conclusão da minha graduação.

À Deus, pela força, pela fluidez da vida, pela sabedoria e pelo discernimento nas escolhas que fiz ao longo da graduação.

“Nunca tentado. Nunca falhado. Não importa.
Tentar de novo. Falhar de novo. Falhar
melhor”.

RESUMO

A utilização de revestimentos em pedra natural na construção civil vem ganhando cada vez mais espaço devido ao seu caráter estético. Embora trate-se de um material utilizado largamente durante todo o histórico da construção civil, ele se tornou nos últimos anos um material ornamental e não mais um material de resistência. Seu uso vem sendo bastante comum nos últimos anos, no entanto, isso não exclui o fato de que sua aplicação e usabilidade requerem pontos de atenção, pois cada tipo de pedra natural tem suas especificidades para uso e necessitam de atenção na sua instalação e manutenção, de modo a evitar o aparecimento de patologias. As patologias mais encontradas em lugares que utilizam esse tipo de revestimento, são as fissuras, alterações na superfície e descolamento. Todas essas patologias possuem suas causas estruturadas em uma má execução do substrato que recebe o revestimento, falta de mão de obra especializada para instalação da pedra natural ou falha no uso da pedra. A manutenção preventiva e corretiva são importantes ações que podem ajudar no não aparecimento desses problemas, no caso da preventiva, e no não agravamento da patologia, no caso da corretiva. Para atingir o objetivo de analisar as patologias em revestimento com pedra natural, escolheu-se para estudo um empreendimento localizado na cidade de Ribeirão Preto, este apresentou patologias ao longo do tempo em sua entrada, muretas e espelhos d'água revestidos com pedra natural do tipo Ígnea Intrusiva com origem na Indonésia. Uma análise apurada por meio de visitas técnicas ao local e estudo do histórico de aplicação do revestimento, foi possível identificar que as patologias encontradas – eflorescências, fissuras e alterações monocromáticas – têm origem em erros desde a realização do substrato que recebeu a pedra, até o uso de sais para tratamento da água do espelho d'água.

Palavras-chave: Revestimentos em pedra natural. Patologia. Construção Civil.

ABSTRACT

The use of natural stone coatings in civil construction is gaining more and more space due to its aesthetic character. Although it is a material widely used throughout the history of civil construction, in recent years it has become an ornamental material and no longer a resistance material. Its use has been quite common in recent years, however, this does not exclude the fact that its application and usability require points of attention, as each type of natural stone has its specificities for use and requires attention in its installation and maintenance, in order to avoid the appearance of pathologies. The pathologies most found in places that use this type of coating are cracks, changes in the surface and detachment. All these pathologies have their causes structured in a poor execution of the substrate that receives the coating, lack of specialized labor to install the natural stone or failure in the use of the stone. Preventive and corrective maintenance are important actions that can help prevent these problems from appearing, in the case of preventive maintenance, and to prevent the pathology from worsening, in the case of corrective maintenance. In order to achieve the objective of analyzing the pathologies in cladding with natural stone, an enterprise located in the city of Ribeirão Preto was chosen for the study, which presented pathologies over time at its entrance, walls and water mirrors coated with natural stone from the Intrusive Igneous type originating in Indonesia. An analysis carried out through technical visits to the site and study of the coating application history, it was possible to identify that the pathologies found - efflorescence, fissures and monochromatic alterations - originate in errors from the creation of the substrate that received the stone, to the use of salts for water treatment of the water surface.

Keywords: Natural stone coverings. Pathology. Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mudanças na superfície acabada e na cor da pedra	15
Figura 2 - Exemplo de granito.....	17
Figura 3 - Exemplo de basalto.....	17
Figura 4 - Exemplo de diorito	18
Figura 5 - Exemplo de arenito	19
Figura 6 - Exemplo de rocha calcária.....	19
Figura 7 - Exemplo de ardósia.....	20
Figura 8 - Exemplo de quartzito.....	21
Figura 9 - Exemplo de mármore.....	21
Figura 10 - Exemplo de gnaiss	22
Figura 11 - Manchas associadas a fungos	26
Figura 12 - Limpeza manual em piso de rocha, utilizando-se pano úmido.....	27
Figura 13 - Limpeza mecanizada de piso com escovas de cerdas macias	27
Figura 14 - Localização do Empreendimento	29
Figura 15 - Temperaturas máximas e mínimas médias em Ribeirão Preto.....	31
Figura 16 - Chuva mensal média em Ribeirão Preto.....	31
Figura 17 - Entrada do Empreendimento	32
Figura 18 - Imagem Ilustrativa da pedra Black Bali	33
Figura 19 - Alterações monocromáticas, fissuras e eflorescências	34
Figura 20 - Eflorescências em áreas molhadas: (a) Eflorescências na parede do espelho d'água (lado esquerdo), (b) Eflorescências na parede do espelho d'água (lado direito).....	35
Figura 21 - Fissuras no revestimento.....	36
Figura 22 - Reação entre o material poroso da pedra e o cloro aditivado	37
Figura 23 - Muretas sem impermeabilização	38
Figura 24 - Altura de enchimento: (a) Altura de enchimento entre espelho d'água e floreira, (b) Altura de enchimento entre espelho d'água e bancos	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características da pedra e seu tipo de fratura.....	23
Quadro 2 - Escala de Mohs	23

LISTA DE SÍMBOLOS

°C Graus Celsius

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Histórico da utilização de pedras natural na construção civil.....	16
2.2 Principais pedras naturais utilizadas na construção civil.....	16
2.2.1 Granitos	16
2.2.2 Basalto	17
2.2.3 Dioritos	18
2.2.4 Arenitos	18
2.2.5 Calcários e Dolomitos	19
2.2.6 Ardósia	20
2.2.7 Quartzitos	20
2.2.7 Mármore.....	21
2.2.8 Gnaisses	21
2.3 Propriedades da pedra natural	22
2.3.1 Estrutura	22
2.3.2 Fratura.....	22
2.3.3 Homogeneidade	23
2.3.4 Dureza.....	23
2.3.5 Aderência às Argamassas	24
2.3.6 Resistência Mecânica	24
2.4 Principais patologias encontradas em revestimentos de pedra natural e suas causas	25
2.4.1 Fissuras	25
2.4.2 Alterações na superfície da pedra	25
2.4.3 Descolamento	26
2.5 Manutenções preventivas e corretivas em revestimentos de pedra natural.....	26
2.5.1 Manutenções Preventivas	26
2.5.2 Manutenções Corretivas	28

3 MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 Escolha do Estudo de Caso	29
3.2 Coleta de informações	30
3.3 Condições Climáticas da Região	30
4 ESTUDO DE CASO: REVESTIMENTO DE PEDRA NATURAL EM EMPREENHIMENTO LOCALIZADO NA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO	32
4.1 Localização e Característica do empreendimento	32
4.2 Material Utilizado	33
4.3 Ocorrências de manifestações patológicas e suas descrições	34
4.3.1 Eflorescências	34
4.3.2 Fissuras	36
4.3.3 Alteração Monocromática	37
4.4 Principais causas das anomalias	37
4.4.1 Eflorescências	37
4.4.2 Fissuras	40
4.4.3 Alteração Monocromática	40
5 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 INTRODUÇÃO

A utilização de revestimentos em pedra natural vem ganhando cada vez mais espaço na Construção Civil. Utilizadas como revestimentos de pisos, paredes, pias, bancadas etc., as pedras naturais se tornaram uma referência como revestimentos de grande valor estético, trazendo um ar de luxo por onde é usado. No entanto, sua aplicação requer vários cuidados: mão de obra especializada, escolha ideal da pedra segundo o local que irá ser aplicada, boa preparação do substrato que irá receber a pedra e realização de manutenção preventiva. Se esses itens não forem seguidos, há uma grande chance de aparecimento de patologias nesse tipo de revestimento, as quais prejudicam sua aparência e funcionalidade (NETO e BRITO, 2009)

Entende-se por patologia em revestimentos todo e qualquer problema que ocorra na superfície ou na estrutura de um revestimento, afetando assim a sua funcionalidade, estética e durabilidade (NETO e BRITO, 2009)

As patologias que podem estar presentes em revestimentos constituídos de pedra natural, sejam em paredes, fachadas ou pisos, tem diferentes tipos de origem: solicitações do ambiente externo, características mineralógicas, físico-mecânicas, problema na fixação da pedra, erros de execução e projeto ou falta de manutenção do revestimento (NETO e BRITO, 2009). Esse tipo de manifestação afetam a funcionalidade, aparência e a segurança no uso do revestimento.

Algumas das principais manifestações patológicas mais frequentes nesse tipo de revestimento são: fissuras e trincas, eflorescências, desprendimento, manchas e desgaste (FILHO, C. C; RODRIGUES, E. P, 2009).

Para evitar o aparecimento de patologias neste tipo de revestimento é necessária uma melhor escolha do material, projeto adequado para a especificidade do revestimento, qualidade na execução do mesmo e manutenções periódicas.

1.1 Objetivos

O Trabalho de Conclusão de Curso proposto tem como objetivo a análise de patologias encontradas em revestimento compostos de pedra natural em entrada de empreendimento residencial.

Os objetivos específicos foram:

- Identificar e analisar as principais patologias encontradas em revestimentos de pedra natural.

- Identificar e analisar as principais causas de patologias encontradas em revestimentos de pedra natural.
- Analisar o caso de um empreendimento localizado na cidade de Ribeirão Preto – SP com patologia no revestimento de entrada em pedra natural.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As pedras naturais foram vistas durante muito tempo como material resistente e maciço, sem utilização ornamental. No entanto, após o surgimento de novos materiais, com base cimentícia, por exemplo, houve a necessidade de gerar novas opções de revestimentos no mercado (PINTO, 2014). Foi então a partir da 2ª Guerra Mundial, ao longo dos anos 60, que a pedra natural ganhou outra usabilidade, a de revestimento, tanto externo, quanto interno. Porém, como toda utilização, surgiu também algumas patologias ligadas a utilização desse tipo de revestimento, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Mudanças na superfície acabada e na cor da pedra



Fonte: VARATÔJO e SILVERA, 2010.

A análise dos revestimentos em pedra natural contará com um histórico abrangente das propriedades e especificações dos principais tipos de revestimento em pedra natural utilizados. As propriedades mais importantes, tais como estrutura, fratura, homogeneidade, dureza, aderência às argamassas, porosidade, baridade, permeabilidade, higroscopicidade e condutibilidade térmica (MOREIRA, 2008), foram abordadas nesta seção.

2.1 Histórico da utilização de pedras natural na construção civil

Desde a antiguidade as pedras naturais são utilizadas na construção civil, constituindo uma das primeiras técnicas construtivas empregadas para a realização de habitações, muros, templos e monumentos, como o Partenon na Grécia Antiga e as pirâmides do Egito.

Inicialmente, utilizavam-se das pedras para solidificar e servir como base para uma construção, sem um caráter ornamental e estético. A pedra natural levou muito tempo para ser implementada como material de construção tradicional de edifícios, uma vez que, a princípio, tratava-se apenas de um material resistente sem muitas outras aplicações (PINTO, 2014). O aparecimento de novos materiais cimentícios fez urgir a necessidade de materiais que competissem com eles, seja em qualidade, preço e usabilidade, de acordo com a demanda que também surgia no aumento da produção de novos edifícios. No decorrer dos anos 60, mais precisamente a partir da 2ª Guerra Mundial, a pedra se tornou um elemento de revestimento, perdendo seu uso inicial, como material de resistência. A evolução tecnológica permitiu que as industriais de pedras ornamentais obtivessem placas de pedras cada vez menos espessas e com maiores dimensões. (PINTO, 2014).

No Brasil, a chegada dos portugueses trouxe consigo a utilização da pedra na construção civil através de técnicas já implementadas na Europa. Pedras como o granito, mármore e basalto vêm sendo muito empregadas na construção de edifícios, obras de arte e monumentos. (PINTO, 2014). Ainda hoje as pedras naturais constituem um elemento muito presente em obras de alta qualidade e grande porte. Algumas características como estética, durabilidade e resistência garantem que sejam amplamente utilizadas em revestimento de paredes, fachadas, pisos e esculturas arquitetônicas.

2.2 Principais pedras naturais utilizadas na construção civil

2.2.1 Granitos

O Granito é classificado como uma rocha ígnea intrusiva, ou seja, plutônica, em decorrência do seu processo de formação. Sua composição principal é o quartzo, feldspato e minerais ferro-magnesianos. Suas cores variam de cinza a rosa/avermelhada. Suas principais características é a homogeneidade, isotropia, baixa porosidade e alta resistência à compressão (NETO, F. L).

Na Construção Civil seu principal uso é em fundações (fundação em bloco), em muros, calçadas, agregado para concreto e rocha ornamental de pisos, paredes, pias e bancadas, entre outros. Para sua aplicação, deve-se utilizar argamassa própria para o tipo de pedra escolhida. A figura 2 mostra um exemplo de granito.

Figura 2 - Exemplo de granito



Fonte: NETO, F. L.

2.2.2 Basalto

O Basalto se classifica como uma rocha ígnea vulcânica pela sua formação através da fusão parcial do manto superior terrestre e é uma das rochas mais abundantes. Suas cores podem variar desde cinza-escuro até preta. Se constitui principalmente de feldspato e possui elevada resistência e grande dureza (NETO, F. L.).

Na Construção Civil, a principal utilização do basalto é em forma de pedra britada para agregados asfálticos, concretos e lastros de ferrovias. Também é largamente utilizado como pedra para calçamento e para outras formas de pavimentação. Ademais, após polimento, utiliza-se o mesmo também como rocha ornamental, normalmente para pisos. A Figura 3 ilustra um exemplo de pedra basáltica.

Figura 3 - Exemplo de basalto



Fonte: NETO, F. L.

2.2.3 Dioritos

As características físico-mecânicas e o uso do diorito se assemelham aos do granito, sendo conhecido como granito preto. O diorito é uma rocha ígnea plutônica constituída essencialmente por plagioclásio sódico-cálcico. A diferenciação entre as pedras é a composição mineralógica, sendo o diorito muito utilizado como rocha ornamental em arte mortuária (NETO, F. L.)

Figura 4 - Exemplo de diorito



Fonte: NETO, F. L. (Apostila).

2.2.4 Arenitos

O arenito, Figura 5, é uma rocha sedimentar que tem em sua composição grãos de sílica ou quartzo em maior escala. Suas principais utilizações são em revestimentos e na confecção de mosaicos. Os arenitos podem ter razoável resistência ao risco, dependendo da sua composição (NETO, F. L.).

Figura 5 - Exemplo de arenito



Fonte: NETO, F. L.

2.2.5 Calcários e Dolomitos

Os calcários e dolomitos são classificados como rochas sedimentares carbonáticas (calcita ou dolomita) devido a sua composição ser em mais de 50% de matérias carbonáticas. Dentro do ramo da Construção Civil, sua aplicação se restringe a indústrias cimenteira, de cal, siderúrgica, vidreira e corretor de solos. Ainda assim, há alguns dolomitos servem como brita e agregado para o concreto por possuírem característica mais dura do que os calcáreos. Na Figura 6 é possível ver um exemplo de calcário (NETO, F. L).

Figura 6 - Exemplo de rocha calcária



Fonte: NETO, F. L.

2.2.6 Ardósia

A ardósia se caracteriza como uma rocha metamórfica originada pela metamorfose do siltito que é uma pedra sedimentar. Suas principais características é a boa resistência mecânica e um ótimo isolante térmico. As principais aplicações da pedra são ornamentais, tais como coberturas de casas, pisos, tampos e bancadas. Através da Figura 7 é possível visualizar um exemplo desse tipo de pedra (NETO, F. L.).

Figura 7 - Exemplo de ardósia



Fonte: NETO, F. L. (Apostila).

2.2.7 Quartzitos

Rochas metamórficas originadas a partir do metamorfismo dos arenitos, o Quartzito são pedras de alta dureza, grande resistência à britagem e ao corte. Ademais, possuem resistência significativa à intempéries. Podem apresentar coloração amarelada, vermelha e branca.

Sua principal utilização na construção civil é em calçadas e pisos utilizando argamassa própria para assentamento. A Figura 8 ilustra um exemplo de Quartzitos (NETO, F. L.).

Figura 8 - Exemplo de quartzito



Fonte: NETO, F. L.

2.2.8 Mármore

O mármore, Figura 9, tem minerais carbonático (calcita e dolomita) em mais de 50% em sua composição e é classificado como rocha metamórfica, tendo origem no metamorfismo de rochas sedimentares calcíticas ou dolomíticas. Sua granulometria varia e suas cores podem ser verde, cinza, branca ou rosa.

A aplicação do mármore varia desde pisos e paredes, até balcões, pias, entre outros. Para ser fixado, é necessária a utilização de argamassa própria para o material (NETO, F. L.).

Figura 9 - Exemplo de mármore



Fonte: NETO, F. L.

2.2.9 Gnaisses

Constituída em sua maioria por quartzo e feldspato, a gnaiss é classificada como uma rocha metamórfica derivada de rochas graníticas. Sua granulometria varia de média a grossa e

sua principal característica é a alta resistência mecânica, sendo indicadas para a grande maioria de aplicações na construção civil. (NETO, F. L)

Figura 10 - Exemplo de gnaiss



Fonte: NETO, F. L.

2.3 Propriedades da pedra natural

A análise dos revestimentos em pedra natural contará com um histórico abrangente das propriedades e especificações dos principais tipos de revestimento em pedra natural utilizados. As propriedades mais importantes, tais como estrutura, fratura, homogeneidade, dureza, aderência às argamassas e resistência (MOREIRA, 2008), serão abordadas nesta seção.

2.3.1 Estrutura

A estrutura básica dos minerais que compõem as pedras é cristalina, na qual há uma disposição regular dos átomos ou seus agrupamentos, seguindo assim sistemas constantes e fixos. A estrutura é a propriedade que diz respeito ao aspecto granular da pedra, tratando-se da distância entre os planos constituídos de um conjunto de átomos (paralelos e coplanares) (MOREIRA, 2008). Quanto mais cristalina a pedra for, mais resistente ela é ao efeito da erosão.

2.3.2 Fratura

A propriedade de fratura de um material caracteriza o mesmo quanto a sua facilidade ou não de ser trabalhado. A fratura de uma pedra pode ter vários tipos: plana, concoidal, lisa, áspera e escamosa. Seu tipo permite que se conheça as dimensões ideais para a pedra ser cortada, se a argamassa adere bem à mesma, se a extração será fácil e se há possibilidade de polimento. O Quadro 1 apresenta os principais tipos de fratura e suas respectivas características.

Quadro 1 - Características da pedra e seu tipo de fratura

Tipo de Fratura	Característica da pedra
Plana	-Fácil de cortar em bloco
Concoidal	- Difícil de cortar
Lisa	- Fácil de polir
Áspera	- Boa aderência às argamassas
Escamosa	- Difícil de cortar e fácil de lascas

Fonte: MOREIRA, 2008.

2.3.3 Homogeneidade

Uma pedra é dita homogênea se em várias amostras da mesma pedra as propriedades não se alterarem. Caso a percussão de um martelo emita som claro, partindo-se em vários pedaços e não se desfazendo, a pedra pode ser considerada homogênea. A homogeneidade também diz respeito a sua uniformidade de cor e textura, importante fator quando se deseja utilizar a pedra natural de forma ornamental, facilitando a escolha e instalação do material.

É importante ressaltar que nem toda pedra apresenta caráter homogêneo, o mármore e o granito, por exemplo, possuem variedades em suas propriedades.

2.3.4 Dureza

A dureza da pedra natural é a sua resistência ao desgaste, penetração e abrasão. A Escala de Mohs é uma importante classificação em Mineralogia que mede a dureza do material, variando de 1 a 10, sendo 1 para materiais muito moles e 10 para materiais muito duros. O Quadro 2 apresenta alguns materiais e suas respectivas durezas.

Quadro 2 - Escala de Mohs

MINERAL	GRAU DE DUREZA
Talco	1
Gesso	2
Calcite	3
Fluorite	4
Apatite	5
Ortoclase	6
Quarto	7
Topázio	8
Corindo	9
Diamante	10

Fonte: (MOREIRA, 2008).

O uso da pedra varia de acordo com e acordo com a sua classificação na Escala de Mohs, quanto maior a dureza, mais é indicado o uso em pisos, bancadas, revestimentos de paredes e outras aplicações que requerem maior durabilidade.

2.3.5 Aderência às Argamassas

A aderência da pedra à argamassa escolhida para seu assentamento está intimamente ligada à sua porosidade e rugosidade superficial. A porosidade de um material é diretamente proporcional com sua facilidade em absorver água. Já a rugosidade, à sua aspereza. Quanto menos porosa e mais rugosa, melhor a aderência da pedra com a argamassa, como é o caso do granito e quartzito, por exemplo. No entanto, o mármore e o calcário já são conhecidos por serem pedras mais porosas, necessitando assim de um cuidado maior na execução de revestimentos tendo como base essas pedras.

2.3.6 Resistência Mecânica

Em se tratando de pedras naturais, o esforço ao qual deve ser sujeitada a pedra é a compressão, tendo em vista que a resistência das mesmas à tração ou ao corte, é baixa. A curva de deformação das pedras naturais possui um comportamento elastoplástico, ou seja, apresenta deformações plásticas até sofrer a ruptura.

2.4 Principais patologias encontradas em revestimentos de pedra natural e suas causas

Ao longo do tempo, as pedras naturais utilizadas como revestimentos vão se alterando de acordo com sua resposta às solicitações externas (NETO, N. M. L; BRITO, J, 2009). No entanto, alguns fatores podem acelerar esse processo: intempéries, falha na concepção do projeto, má execução do revestimento, mau uso e falta de manutenção (PERAZZO, 2017).

As patologias que podem ser encontradas neste tipo de revestimento são diversas, variando desde alteração cromática à descolamentos, afetando sua aparência, segurança e durabilidade.

2.4.1 Fissuras

As fissuras são caracterizadas por serem fraturas micrométricas causadas, normalmente, por variação de temperatura e cristalização de sais (FILHO, C. C; RODRIGUES, E. P, 2009).

As variações de temperatura fazem com que a pedra se expanda ou contraia dependendo da temperatura à qual ela está exposta. Se a aplicação da pedra não foi feita adequadamente, prevendo as possíveis dilatações térmicas dela, pode haver presença de fissuras no revestimento.

Outro fator comumente ligado a presença de fissuras é a cristalização dos sais que faz com que a tensão dos vazios provoque fissuração nas pedras (FILHO, C. C; RODRIGUES, E. P, 2009). A presença de agentes químicos, como produtos ácidos ou alcalinos, também pode levar a presença de fissuração no revestimento.

2.4.2 Alterações na superfície da pedra

Uma patologia bastante presente neste tipo de revestimento são as alterações na superfície da pedra, ou seja, alteração de cor, tom e textura do material (VARATÔJO e SILVEIRA, 2010). Suas causas são variadas, mas a principal é a absorção de água, bastante presente em rochas porosas.

Outro fator que contribui para esse tipo de alteração é o manuseio de produtos ácidos ou alcalinos próximos dos revestimentos.

As chuvas ácidas também são causadoras de corrosão e manchas nas pedras, principalmente em rochas carbonáticas (mármore, travertino, calcário, etc), que sofrem com o efeito dos ácidos carbônicos (H_2CO_3), sulfúrico (H_2SO_4), nítrico (HNO_3), clorídrico (HCl) e orgânicos (carboxílicos) (FILHO, C. C; RODRIGUES, E. P, 2009).

Por fim, a ação de agentes biológicos também provoca a alteração cromática da rocha através da biocorrosão e biodeterioração, fazendo com que haja dissolução de carbonato (CO_3) e Dióxido de Silício (SiO_2). A biocorrosão é causada pela corrosão e desgaste da superfície da

pedra devido a ação de micro-organismos, como algas, fungos e bactérias, Figura 11. Já a biodeterioração é o processo no qual os micro-organismos ocupam a superfície da rocha, alterando sua cor e textura (VARATÔJO e SILVEIRA, 2010).

Figura 11 - Manchas associadas a fungos



Fonte: VARATÔJO e SILVEIRA, 2010.

2.4.3 Descolamento

O descolamento de revestimentos em pedra natural está intimamente ligado com a variação de temperatura do local onde ele está empregado. O aumento da fissuração, tornando-se trincas e posteriormente rachaduras, pode vir a ocasionar o descolamento do material e sua queda.

É importante salientar que muitas das patologias encontradas a longo prazo no revestimento são provenientes de falhas no desenvolvimento e execução do projeto. A preparação e revisão dos projetos que constam a execução do revestimento em pedra natural devem estar didaticamente claros, com seus respectivos desenhos e numerações bem detalhados, garantindo, também, a compra, transporte, armazenamento e execução do material em sua melhor de qualidade (GERE, 1981).

2.5 Manutenções preventivas e corretivas em revestimentos de pedra natural

2.5.1 Manutenções Preventivas

As manutenções mais indicadas para prevenir o aparecimento de patologias em revestimento e pedra natural consistem em trabalhos frequentes de limpeza, evitando qualquer

tipo de acúmulo de sujeira que faça com que se altere esteticamente a pedra ou faça com que a pedra, no caso polida, perca seu brilho. Para a limpeza dela, indica-se esfregar a pedra com pano úmido de água, ou úmido com soluções diluídas de detergente neutro ou sabões puros, como mostram as Figuras 12 e 13.

Figura 12 - Limpeza manual em piso de rocha, utilizando-se pano úmido



Fonte: FILHO e RODRIGUES, 2009.

Figura 13 - Limpeza mecanizada de piso com escovas de cerdas macias



Fonte: FILHO e RODRIGUES, 2009.

Outras opções de manutenção preventiva é a selagem da pedra, tratamento de manchas e cuidado no uso. A selagem consiste na aplicação de um produto selante na superfície da pedra, que penetra nos poros dela, criando uma proteção contra a entrada de poeira, líquidos e outros

materiais que podem vir a causar manchas ou outros tipos de problema. Já o tratamento de manchas consiste na limpeza das manchas existentes de forma que elas não penetrem mais e dificultem ainda mais sua limpeza ou até mesmo que se torne uma mancha permanente. Os cuidados no uso referem-se ao manuseio de produtos abrasivos, ácidos ou alcalinos próximo de revestimentos em pedra natural. Por fim, o cuidado referente ao uso das áreas onde possui esse tipo de revestimento, evitando que seja quebrado, riscado ou manchado de alguma forma.

2.5.2 Manutenções Corretivas

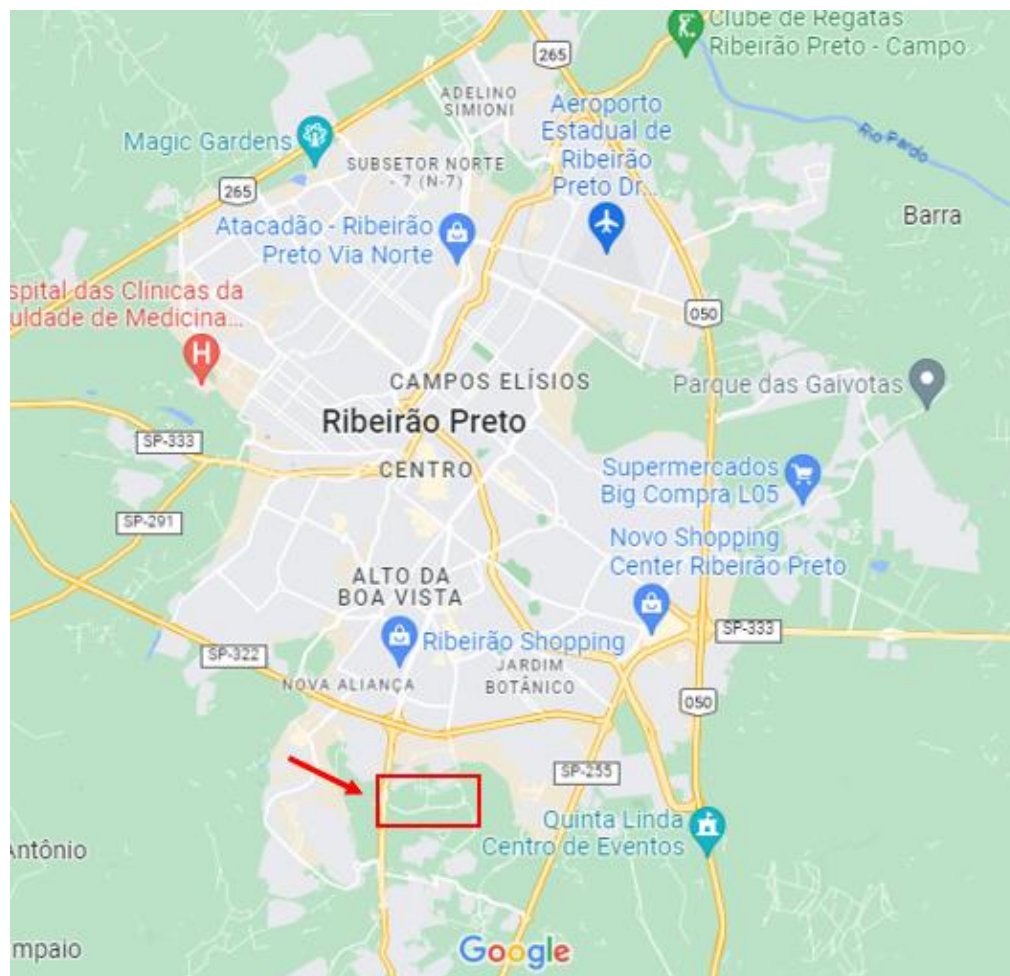
A manutenção corretiva em revestimentos de pedra natural é necessária quando já se estabeleceu no revestimento alguma patologia, como as tratadas no subitem 2.3.

Inicialmente, deve-se realizar uma avaliação do estado da pedra para ser possível a elaboração de ações corretivas para a patologia encontrada. Em geral, as medidas adotadas para corrigir os problemas são: lixamento, polimento, rejuntamento, substituição da peça danificada ou até mesmo toda a substituição do revestimento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de apresentar a ocorrência de manifestações patológicas em revestimento de pedra natural e suas possíveis causas, os materiais e métodos utilizados serão apresentados nesta seção. Escolheu-se como método de pesquisa o estudo de caso pois utiliza, geralmente, dados qualitativos, coletados a partir de eventos reais, com o objetivo de explicar, explorar ou descrever fenômenos atuais inseridos em seu próprio contexto, por isso, adotou-se um empreendimento residencial de alto padrão que possui em sua entrada revestimento, nas paredes e pisos, revestimento em pedra natural. O empreendimento em questão se localiza na cidade de Ribeirão Preto - SP, mais precisamente na região indicada pela retângulo vermelho e a seta, como mostra a Figura 14.

Figura 14 - Localização do Empreendimento



Fonte: Elaborada pela autora.

3.1 Escolha do Estudo de Caso

O estudo do caso em questão partiu da necessidade de mapear os principais problemas encontrados no uso de revestimentos em pedra natural, bem como suas principais causas, de modo a otimizar a utilização de revestimentos do tipo em empreendimentos residenciais, prejudicando assim a estética do mesmo, causando desconforto para os moradores e visitantes do local.

São notórios os problemas ligados a má execução, utilização e manutenção desses tipos de revestimentos, causando assim patologias que prejudicam a estética e funcionalidade dele. Sendo assim, por não se tratar de casos isolados e percebendo a presença de patologias nesse tipo de revestimento no empreendimento em questão, optou-se pela investigação mais a fundo das possíveis causas dessas patologias, de forma a evitar o aparecimento delas em outros

revestimentos de pedra natural, servindo assim, como retroalimentação para a própria construtora.

3.2 Coleta de informações

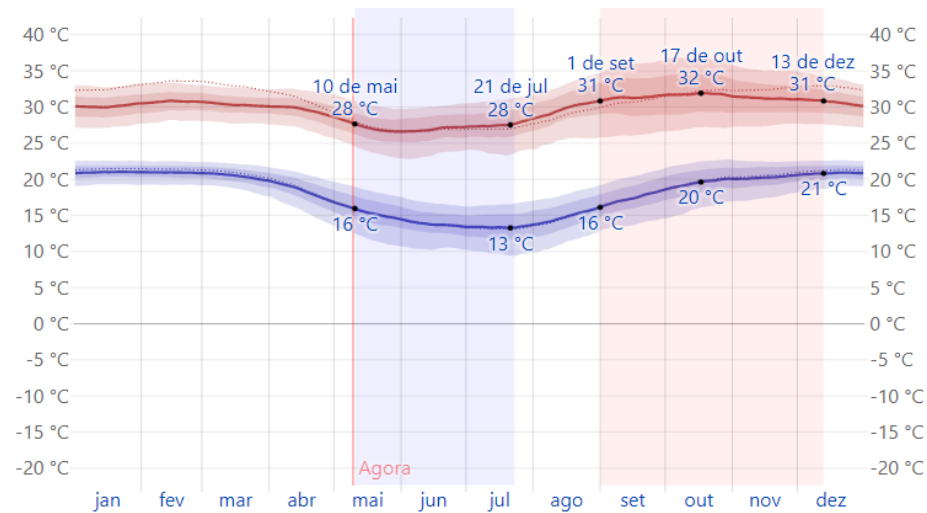
Os dados contidos neste trabalho foram coletados, inicialmente, a partir de visitas *in loco* para verificar os problemas apontados em reclamações abertas por moradores do empreendimento. Após visitas sucessivas ao local, diversas informações foram adquiridas por meio de conversas com os responsáveis técnicas da obra, do pós-obra e de consultores especializados que foram até o local do empreendimento para verificarem os problemas expostos.

As informações referentes a escolha do revestimento, início das patologias e descobrimento das causas foram extraídas diretamente com cada pessoa do setor responsável. Sendo a escolha do revestimento responsabilidade da área de produtos e qualidade, início das patologias e identificação das causas, responsabilidade da equipe de pós-obra.

3.3 Condições Climáticas da Região

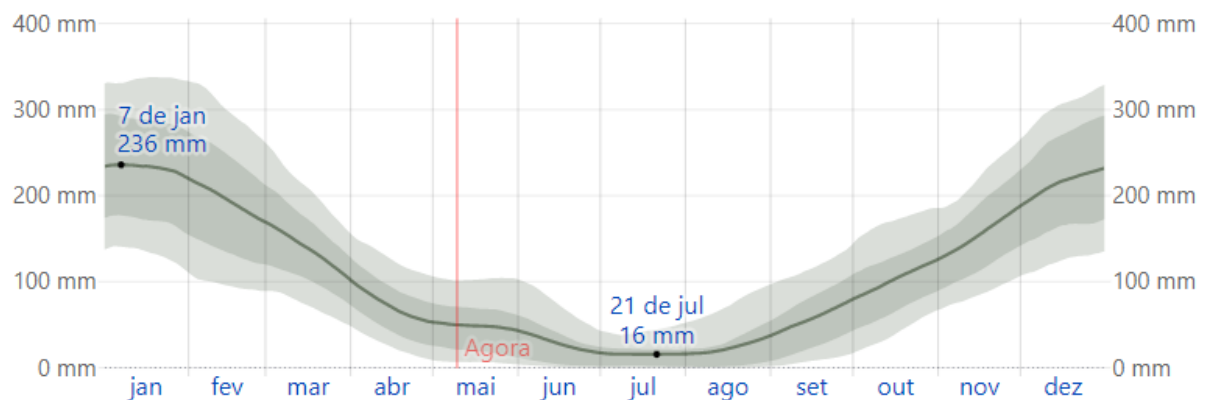
Ribeirão Preto é um município brasileiro localizado no interior do estado de São Paulo e sede da Região Metropolitana de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto pertence à Mesorregião e Microrregião de Ribeirão Preto, localizando-se a nordeste do estado de São Paulo.

Com relação ao seu clima, o verão é a estação com maior precipitação, sendo seu clima considerado quente, temperatura média diária acima de 31 °C, abafado e de céu praticamente encoberto. Já a estação mais seca é o inverno, com clima mais frio, temperatura máxima diária em média abaixo de 28 °C e de céu praticamente sem nuvens. Durante o ano, a temperatura do município varia de 13 °C a 32 °C e dificilmente é inferior a 9 °C ou superior a 37 °C. A Figura 15 mostra as temperaturas máximas e mínimas médias em Ribeirão Preto (Weather Spark, 2022).

Figura 15 - Temperaturas máximas e mínimas médias em Ribeirão Preto

Fonte: Weather Spark (2022).

Em relação a chuva durante o ano, praticamente todos os meses apresentam precipitações, porém os meses mais chuvosos são novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. A Figura 16 mostra a chuva mensal média em Ribeirão Preto.

Figura 16 - Chuva mensal média em Ribeirão Preto

Fonte: Weather Spark (2022).

Em resumo, pode-se concluir que a média do clima local é considerada seca e a temperatura varia entre amenas, agradáveis, mornas e quentes. Quando há chuvas, elas são de altos volumes. Por fim, é importante salientar que principalmente em junho e julho, há grande amplitude térmica, com temperaturas variando de 13 °C à 29 °C (Weather Spark, 2022).

4 ESTUDO DE CASO: REVESTIMENTO DE PEDRA NATURAL EM EMPREENDIMENTO LOCALIZADO NA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO

Para análise mais a fundo das patologias encontradas em revestimentos de pedra natural, será apresentado nesta seção o estudo de um caso de patologias encontradas em revestimentos de pedra natural utilizado na entrada de um empreendimento localizado na cidade de Ribeirão Preto.

Figura 17 - Entrada do Empreendimento



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

4.1 Localização e Característica do empreendimento

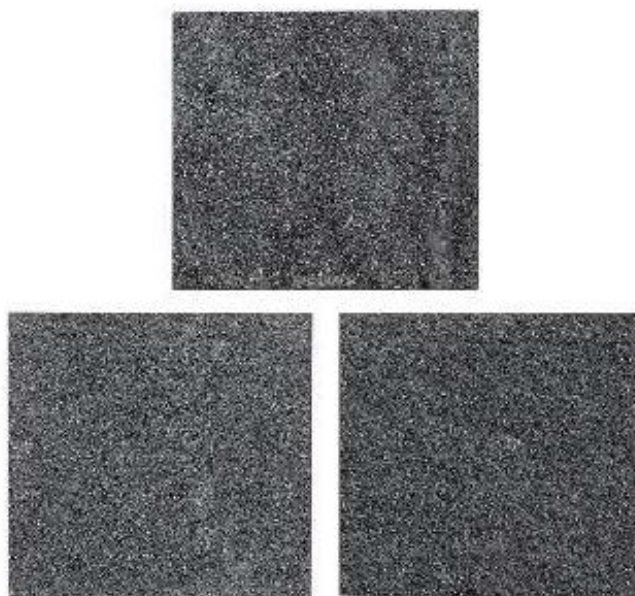
O empreendimento está localizado em um novo bairro planejado da cidade de Ribeirão Preto, ficando mais ao sul dela. O edifício em questão possui aproximadamente 2 anos desde a sua entrega, sendo constituído por uma torre única contendo 27 pavimentos somado com um pavimento de cobertura.

O local em que foi utilizado o revestimento em pedra natural é a fachada do empreendimento, sendo aplicados como revestimento de muretas, espelhos d'água e floreiras. Ao todo são 120 metros quadrados de revestimento. A aplicação do revestimento foi realizada com argamassa AC – III e colagem simples.

4.2 Material Utilizado

A pedra natural utilizada como revestimento é comercializada como Black Bali Lava Liso da marca Pasinato com origem da Indonésia. Trata-se de um tipo de rocha Ígnea Intruiva – tipo Hitam. Seu tamanho é comercializado em peças de 20 cm x 20 cm x 2 cm e seu peso é de aproximadamente 40 kg/m².

Figura 18 - Imagem Ilustrativa da pedra Black Bali



Fonte: Ficha Técnica do Produto Black Bali.

A descrição da ficha técnica deste revestimento aponta para utilização como revestimentos de piscina e áreas molhadas externas e internas. Porém, não é recomendado para piscinas e ambientes que fazem uso de sais para tratamento d'água.

Sua aplicação em áreas molhadas, como especifica a ficha técnica, deve ser com argamassa colante AC – III com processo de dupla colagem, ou seja, passando com a desempenadeira tanto na peça, quanto no substrato. Para proteger o revestimento de fissuras devido a dilatações e contrações, pede-se juntas de movimentação de 2 a 3 mm a cada 2 m e em mudanças de direção do revestimento. Já para áreas não submersas, deve ser utilizado espaçamento de 3 mm entre as peças. O rejunte pode ou não ser aplicado, mas caso opte-se pela sua aplicação, a mesma deve ser feita utilizando rejunte flexível. Como as patologias encontravam-se principalmente em áreas molhadas, será dada atenção para a aplicação do revestimento nesses locais.

É aconselhável apenas após 7 dias da aplicação submergir o material. Para a limpeza e manutenção do revestimento, deve-se utilizar jato de alta pressão e escova para limpeza antes da submersão do material. Após isso, deve-se sempre manter a água limpa e tratada utilizando, se necessário, agentes químicos como detergente alcalino específico e limpeza pós-obra. A manutenção indicada é sempre manter a água limpa, clorada e com dureza cálcica entre 200 – 400 ppm, como indica as especificações técnicas do material (Manuais de Instalações).

4.3 Ocorrências de manifestações patológicas e suas descrições

Com o intuito de mapear as manifestações patológicas encontradas no revestimento do empreendimento, foram feitas inspeções por uma empresa terceirizada e qualificada tanto no revestimento, como também no substrato que recebeu o mesmo, de forma a identificar toda e qualquer origem das anomalias.

Dentre as patologias encontradas no local, há presença de eflorescências, fissuras e alterações monocromáticas. A Figura 19 ilustram essas anomalias.

Figura 19 - Alterações monocromáticas, fissuras e eflorescências



Fonte: Elaborada pela própria autora.

4.3.1 Eflorescências

Através da Figura 20(a) e 20(b), pode-se observar a presença de eflorescências no revestimento de entrada, principalmente na região de peças submersas.

Eflorescências são depósitos em forma de pó ou crostas que surgem nas superfícies dos revestimentos. Sua causa é basicamente devido ao carregamento de sais solúveis presentes no interior do material, ou da sua argamassa de assentamento, ou ainda mesmo do substrato no qual foi assentado, nos quais a água evapora ficando apenas a presença de sais. Quanto mais úmido o clima da região, mais propenso ele é para apresentar essa patologia. Ademais, sua presença também se intensifica quanto maior o gradiente de calor, ou seja, a grande variação térmica do local onde está colocada a pedra, contribui para o aparecimento desse tipo de anomalia.

Sua presença é comum em materiais porosos, como a pedra Black Bali, e em locais com grande acúmulo de água, como em paredes próximas as piscinas e áreas molhadas e solos.

Figura 20 - Eflorescências em áreas molhadas: (a) Eflorescências na parede do espelho d'água (lado esquerdo), (b) Eflorescências na parede do espelho d'água (lado direito)

(a)



(b)



Fonte: Elaborada pela autora.

4.3.2 Fissuras

A fissuração de revestimentos em pedra natural é um problema comum que se dá devido ao fato da expansão e retração do material de formas diferentes na superfície dele. Isso ocorre devido a temperatura local na qual ele está exposto, excessos de umidade, diferentes solicitações impostas ao revestimento ou deformações estruturais.

Figura 21 - Fissuras no revestimento



Fonte: Elaborada pela própria autora.

4.3.3 Alteração Monocromática

As alterações monocromáticas podem ter diversas origens, seja devido a absorção constante de água, ao manuseio de produtos ácidos ou alcalinos, chuvas ácidas e ainda a ação de agentes biológicos. Ao entrar em contato com a pedra Black Bali, conhecida por ser uma pedra porosa, esses agentes provocam manchas na superfície do revestimento.

Figura 22 - Reação entre o material poroso da pedra e o cloro aditivado



Fonte: Elaborada pela própria autora.

4.4 Principais causas das anomalias

O diagnóstico das causas que levaram o aparecimento das patologias citadas na última seção foi realizado através de vistorias e inspeções de consultores e especialistas ao local concomitantemente com o parecer dos profissionais que acompanharam toda a execução do revestimento na época de obra.

4.4.1 Eflorescências

As principais causas verificadas para o aparecimento das eflorescências estão ligadas a execução da impermeabilização do local, execução do substrato que recebe o revestimento e execução do revestimento em si.

Em relação a execução da impermeabilização, nota-se que havia locais em que a impermeabilização não foi realizada de acordo com os projetos. O projeto local pede impermeabilização em manta asfáltica com proteção mecânica em todas as muretas, espelhos d'água e floreiras, no entanto, foi possível identificar que não havia manta asfáltica em algumas muretas e espelhos d'água e, conseqüentemente, também não havia proteção mecânica, como

mostra Figura 23. A falta de impermeabilização possibilitou com que houvesse a passagem de umidade dos espelhos d'água e floreiras para a parte externa do revestimento, carregando assim os sais e formando pontos de eflorescência.

Figura 23 - Muretas sem impermeabilização



Fonte: Elaborada pela própria autora.

Em relação ao substrato que recebe o revestimento, notou-se, conforme mostram as Figuras 24(a) e 24(b), que a altura de massa de enchimento acima da impermeabilização estava maior do que a recomendada para instalação dos revestimentos. A altura de enchimento deve ser de, no máximo, 10 cm e nos locais inspecionados, a altura do enchimento chegava a quase 20 cm. Isso faz com que haja carregamento de sais do enchimento pela umidade e apareçam focos de eflorescência no revestimento.

Figura 24 - Altura de enchimento: (a) Altura de enchimento entre espelho d'água e floreira,
(b) Altura de enchimento entre espelho d'água e bancos

(a)



(b)



Fonte: Elaborada pela própria autora.

Por fim, a má colocação do revestimento também favoreceu para o aparecimento eflorescências por todo o revestimento. De acordo com a ficha técnica do material, para áreas molhadas, sugere-se a realização de rejunte acrílico, mas no momento da instalação das pedras, não foi realizado nenhum tipo de rejuntamento entre as pedras. A falta de rejuntamento fez com que houvesse facilmente a entrada de água pelos espaçamentos entre as pedras, percorrendo toda a face interna dela, carregando sais da argamassa de assentamento e enchimento, e provocando o aparecimento de eflorescências entre as peças.

4.4.2 Fissuras

A fissuração de alguns revestimentos de pedra apontados na Figura 21 foi, principalmente, devido à falta de execução de juntas de movimentação a cada 2 m e em mudanças de direção, como pede o manual de aplicação da pedra. A falta de juntas de movimentação faz com que as pedras trabalhem na contração e dilatação de forma limitada, não tendo espaço para sua movimentação e consequentemente fissurando a mesma.

Além da fissuração pela falta de espaço para movimentação das pedras, houve também fissurações devido à ausência de dupla colagem no assentamento da peça, fragilizando o assentamento da mesma e ocasionando fissuras devido a má execução do revestimento.

4.4.3 Alteração Monocromática

As alterações monocromáticas, Figura 22, ao redor de todo o espelho d'água são provenientes da utilização de cloro aditivado para tratar a água. De acordo com a ficha técnica da pedra, a mesma não é recomendada para locais em que faz uso de sais para tratamento da água. No local, foi utilizado o cloro aditivado que possui sais em sua composição para tratamento da água dos espelhos d'água. Com isso, por ser uma pedra porosa e que reage facilmente com o cloro, todo o local em contato com a água, mais precisamente na sua superfície líquida, ficou manchado.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que, no caso estudado, as manifestações patológicas que se mostraram presentes tem como principais causas a má execução do substrato que recebe o revestimento em pedra natural, sendo eles a impermeabilização e o enchimento acima dela, a má instalação do revestimento, com ausência de dupla colagem, falta de junta de movimentação para evitar fissuração e falta de rejuntamento e má utilização do local, como o uso de produtos que não são apropriados para o revestimento em questão. Sendo assim, recomenda-se que para futuros empreendimentos, sejam seguidos os projetos e manuais de instalação dos materiais, de forma a evitar diferenças entre a execução e o que pede o projetista e que não haja divergência na instalação que é pedida pelo fornecedor do revestimento. Também é importante que sejam passadas orientações para quem irá utilizar o local e realizar a manutenção do mesmo, de modo que não utilizem próximo ao local produtos que deterioram o revestimento de pedra natural.

Para se evitar possíveis manifestações patológicas como essas, necessita-se de uma boa supervisão na obra, para que o substrato esteja feito como pede em projeto, uma boa supervisão

na execução do revestimento e, por fim, uma fiscalização e manutenção adequada ao local de forma a evitar o mal uso do mesmo.

É também de grande valia que o condomínio tenha uma rotina de manutenções a serem seguidas, incluindo vistorias, manutenções preventivas e intervenções, caso seja necessário, de modo que as patologias que surjam, não vão se agravando com o passar do tempo, como foi o que ocorreu no caso estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Clima característico em Ribeirão Preto, Brasil, durante o ano.

Ficha Técnica do Produto Black Bali. Pasinato Importações e Exportações Ltda.

FILHO, C. C; RODRIGUES, E. P. Guia de Aplicação de Rochas em Revestimentos. Associação Brasileira de Indústria de Rochas Ornamentais, São Paulo, 2009, p 12-119.

GERE, A.S. Recommended practice for the use of natural stones in building construction. New York, Building Stone Magazine. 1981.

Manuais de Instalações. Pasinato Importações e Exportações Ltda.

MOREIRA, A. M. Pedras Naturais. Materiais de Construção Civil I, Tomar, 2008.

NETO, F. L. Pedras Naturais como Material de Construção. Sistema Universidade Aberta do Brasil. Instituto Federal do Rio Grande do Sul. (Apostila).

NETO, N. M. L; BRITO, J. Análise de Anomalias e Técnicas de Reparação em 128 Casos de Revestimentos em Pedra Natural (RPN): Principais Conclusões. 3º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, Porto, p. 1-8, 2009.

PERAZZO, Daniella. Projeto e Execução de Revestimentos de Pedra e Patologias Associadas. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Fevereiro, 2017, p 1-91.

PINTO, Alberto Reaes. Evolução da pedra natural: novas tecnologias. Revista Arquitectura Lusíadas, Lisboa, N. 6, p. 67-76, 2014.

VARATÔJO, L; SILVEIRA, P. M. Pedra Natural em Paredes de Revestimento Externo: Solicitações e Patologia. Congresso Mundial de Habitação, Santander, Espanha, p 1-9, Outubro, 2010.