

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA COM ÊNFASE NO ATAQUE
QUÍMICO EM MÁRMORE PARA USO ORNAMENTAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

ANDREAS GLASS DALMAS

**Caçapava do Sul
2019**

ANDREAS GLASS DALMAS

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA COM ÊNFASE NO ATAQUE
QUÍMICO EM MÁRMORE PARA USO ORNAMENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado ao Curso de Graduação
em Geologia da Universidade
Federal do Pampa como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Igor Magalhães
Clemente

**Caçapava do Sul
2019**

ANDREAS GLASS DALMAS

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA COM ÊNFASE NO ATAQUE
QUÍMICO EM MÁRMORE PARA USO ORNAMENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado ao Curso de Graduação
em Geologia da Universidade
Federal do Pampa como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Igor Magalhães
Clemente

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 03/07/2019

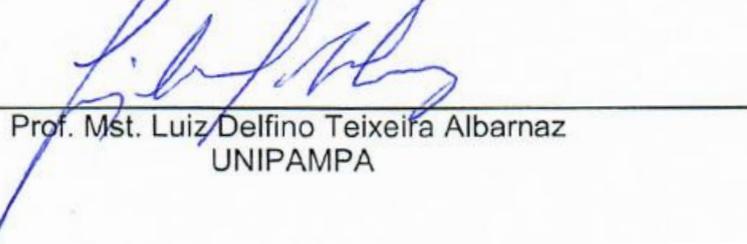
Banca examinadora:



Prof. Dr. Igor Magalhães Clemente
Orientador
UNIPAMPA



Prof. Dra. Andrea Valli Nummer
UFMS



Prof. Mst. Luiz Delfino Teixeira Albarnaz
UNIPAMPA

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

D148c Dalmas, Andreas Glass

Caracterização tecnológica com ênfase no ataque químico em mármore para uso ornamental / Andreas Glass Dalmas.

46 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)--
Universidade Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2019.
"Orientação: Igor Magalhães Clemente".

1. Ornamental. 2. Geologia. 3. Mármore. 4. Mudador. 5. Ataque químico. I. Título.

AGRADECIMENTO

A minha família que sempre dedicou o máximo esforço para que eu pudesse buscar meus sonhos.

Aos professores e técnicos da Universidade Federal do Pampa, que me ensinaram e me instigaram a conhecer o mundo das geociências e ao meu orientador Igor M. Clemente que foi fundamental nesta parte final da graduação.

A equipe do Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria, que acrescentou muito em minha formação acadêmica.

A empresa Calcário Mudador que permitiu a coleta de amostras e sempre permitiu a faculdade a fazer visitas técnicas.

E por fim, a todos os grandes amigos que a cidade de Caçapava do Sul me apresentou, tornando minha estadia nesta cidade muito melhor do que eu pudesse imaginar.

RESUMO

O Mármore Mudador aflora no município de Caçapava do Sul, estando situado a noroeste do estado Sul-rio-grandense, distante 240 km de Porto Alegre – RS. Esta litologia ocorre sob forma lenticular, podendo ser classificada petrograficamente como um mármore dolomítico. Sua característica principal é uma coloração bastante escura, gerada pela presença de matéria orgânica, sendo sua característica visual o fator que mais o distingue dos mármore da região. Este estudo concentra-se na realização de pesquisas para seu uso ornamental. Todo o material empregado como rocha ornamental, deve possuir certas características técnicas que permitam sua aplicação. Com isso foi realizado o estudo da alterabilidade do mármore Mudador, pois rochas aplicadas em revestimentos podem sofrer alteração de cor, apresentar manchas ou deslocamentos. Foram realizados ataques químicos especificados normativamente, leituras de cor e confecção de lâminas petrográficas. O ataque químico utilizou reagentes que representam substâncias comuns utilizadas no ambiente doméstico ou de trabalho. Dentre estes reagentes, os utilizados foram cloreto de amônio, hipoclorito de sódio, ácido cítrico, ácido clorídrico e hidróxido de potássio. Verificaram-se após as análises variações perceptíveis a olho nu, variações mensuráveis na coloração e alteração em níveis microscópicos do mármore. Sendo não recomendado o contato do mármore com substâncias que possuam ácido clorídrico, ácido cítrico e hipoclorito de sódio em sua formulação.

Palavras chaves: alterabilidade, revestimento, mármore Mudador.

ABSTRACT

The Mudador Marble crops out in the municipality of Caçapava do Sul, being located to the northwest of the Sul-rio-grandense Shield, distant 240 km of Porto Alegre - RS. This lithology occurs in lenticular form, being able to be classified petrographically like a dolomitic marble. Its main characteristic is a very dark coloration, generated by the presence of organic matter, being its visual characteristic the factor that most distinguishes it from the marbles of the region. This study focuses on conducting research for its ornamental use. All the material used as dimension stone must possess certain technical characteristics that allow its application. Thus, the study of the alterability of the Mudador marble was carried out, since rocks applied in coatings can suffer color change, have spots or displacements. Normally specified chemical attacks, color readings and preparation of petrographic slides were performed. The chemical attack used reagents that represent common substances used in the home or work environment. Among these reagents, those used were ammonium chloride, sodium hypochlorite, citric acid, hydrochloric acid and potassium hydroxide. It occurred variations perceptible to the naked eye, measurable variations in coloration and changes in microscopic levels of marble were observed after the analyzes. The contact of the marble with substances that have hydrochloric acid, citric acid and sodium hypochlorite in its formulation is not recommended.

Keywords: alterability, wallcovering, Mudador marble.

LISTA DE SIGLAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

$C_6H_8O_7$ – ácido cítrico

CPRM – Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais

Ga – bilhão de ano

H_2O – água destilada

HCl – ácido clorídrico

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

KOH – hidróxido de potássio

Ma – milhão de ano

NaClO – hipoclorito de sódio

NH_4Cl – cloreto de amônio

SiO_4 – silicato

UFES – Universidade Federal de Santa Maria

UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Geral.....	12
2.2 Específico	12
3. JUSTIFICATIVA.....	13
4. ARÉA DE ESTUDO	14
4.1 Localização e acesso.....	14
4.2 Contexto geológico.....	15
4.2.1 Geologia Regional	16
4.2.2 Geologia Local.	18
5. ESTADO DA ARTE	20
5.1 Rocha Ornamental.....	20
5.2 Mercado Econômico.....	21
5.3 Aspectos Estéticos.....	22
5.4 Mármore	23
5.5 Mármore Mudador.....	24
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
7. RESULTADOS.....	32
7.1 Ataque Químico.....	32
7.2 Medida de Cores.....	38
7.3 Mineralogia Ótica.....	39
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
9. REFERÊNCIAS.....	44

1. INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais contemplam todas as variações litológicas que possam ser extraídas em blocos ou placas, servindo para beneficiamento de esquadreamento, polimento ou lustro e posterior comercializada com viés estético principalmente para revestimentos (COSTA *et al*, 2002). As duas grandes categorias comerciais de rochas ornamentais e de revestimento são os granitos, que comercialmente englobam rochas siliciclásticas (ígneas ácidas e intermediárias plutônicas/vulcânicas, charnokitos, gnaisses e migmatitos) e o mármore, comercialmente entendido como qualquer rocha carbonática, tanto de origem sedimentar, como metamórfica, passível de polimento. Também são consideradas rochas ornamentais e de revestimento os travertinos, ardósias, quartzitos, conglomerados e outros (FRASCÁ, 2001).

No Brasil, dados da ABIROCHAS/CETEM indicam que no ano de 2017 os granitos corresponderam a 54% da produção nacional de rochas ornamentais, e os mármorees aproximadamente a 22%. Cada uma com suas características lito-químicas que devem ser particularmente estudadas. As rochas ornamentais são o 5º produto de base mineral mais exportado pelo Brasil, atrás apenas do minério de ferro, minério de cobre, ferro-ligas e ouro. O Brasil exportou rochas ornamentais para 120 países no ano de 2018. Os três principais destinos foram EUA, China e Itália, nesta ordem.

Os mármorees e granitos ornamentais com maior valor comercial são os considerados exóticos, que possuem uma presença marcante e na maioria das vezes “única”. Os materiais exóticos abandonaram a ideia de serem apenas tendência e se tornaram realidade no mundo do design e arquitetura de alto padrão.

Segundo Frazão & Farjallat (1986) uma rocha possui potencial para ornamentação após possuir valores de parâmetros tecnológicos satisfatórios, normatizados por diversas entidades pelo mundo. A qualidade da rocha ornamental depende da presença de minerais alterados ou alteráveis, friáveis ou solúveis, que possam comprometer o uso, a durabilidade e o lustro da

rocha ornamental. Para a abertura de uma mina ensaios de absorção de água, porosidade, e coeficiente de dilatação térmica são fundamentais para comprovar que a rocha possui os parâmetros desejados.

O Centro de Inovação Tecnológica em Cerâmica do Centro Cerâmico do Brasil (CITEC/CCB) atende às reclamações de qualidade de materiais para revestimento, e catalogou os vários tipos de patologias encontradas nas diversas reclamações atendidas. Muitas patologias foram decorrentes de manutenção inadequada do produto principalmente através da utilização de produtos de caráter básico ou ácido durante a limpeza, seja pós-obra ou durante o dia-a-dia de uso. Alguns produtos químicos, além de adulterar a superfície original do produto, também proporcionam maior encardimento do mesmo, pois aumentam a rugosidade superficial. Revestimentos em mármore podem manchar facilmente em contato com café, vinho, gorduras e latas, até água em abundância pode alterar a coloração do material, portanto, eles são indicados para áreas internas, sempre em banheiros, lavabos e quartos, áreas que não tenham exposição direta ao sol ou que sofram com a chuva.

Com isso, a proposta deste trabalho é a caracterização tecnológica com ênfase no ataque químico em um mármore negro dolomítico para seu uso ornamental. O mármore em estudo está localizado na parte centro sul do estado do Rio Grande do Sul, a 30 km de Caçapava do Sul e 240 km de Porto Alegre. Esta rocha é conhecida como Mármore Mudador, sua gênese está em calcários metamórficamente recristalizados, tendo como constituinte importante mais de 50% de carbonato dolomítico (CPRM). A calcita e a dolomita são os principais constituintes mineralógicos desta rocha.

O teste de ataque químico indicará se a rocha possui parâmetros mínimos necessários para o seu uso em revestimentos. A resistência ao ataque químico é avaliada através da verificação da ocorrência de mudança de superfície das placas polidas após o contato com agentes químicos durante um tempo pré-determinado, conforme ensaio descrito na norma NBR 13818 – Anexo H. Estes agentes químicos são alguns dos comumente utilizados em produtos de limpeza, para verificar-se a susceptibilidade da rocha ao seu uso.

Para melhor caracterização dos resultados do ensaio de ataque químico foram realizadas leituras de cor das amostras antes e após o ataque, com uso do *software ImageJ*. Mesmo uma eventual alteração do mármore sendo notavelmente visível ao olho humano essa é uma análise subjetiva que depende do observador, para isso leituras de cor que resultam em números palpáveis são mais fidedignas para um estudo do caso.

Foi realizado por fim a confecção de lâminas petrográficas, para se ter uma análise da microestrutura da rocha, bem como a composição mineralógica. Lâminas petrográficas também foram confeccionadas após os ataques químicos para identificar possíveis alterações a nível mineral.

2. OBJETIVOS

A partir de revisões bibliográficas e estudos de empregabilidade de rocha ornamental este trabalho tem por objetivos:

2.1 Geral

Estudo da alterabilidade do mármore Mudador em contato com produtos de limpeza e de trabalho, para fins ornamentais.

2.2 Específicos

Para atingir os objetivos gerais deste trabalho os seguintes objetivos específicos serão realizados:

Ensaio tecnológico de ataque químico através de procedimentos contidos no anexo "H" da norma NBR 13818 (ABNT, 1997);

Leituras de cor nas chapas polidas do mármore Mudador;

Análise de lâmina petrográfica.

3. JUSTIFICATIVA

O Rio Grande do Sul apresenta um grande espaço de desenvolvimento para o setor de rochas ornamentais, aberto para investimentos de pequeno, médio e grande porte. A pequena participação do Estado, e em especial da metade Sul no mercado de mármore e granitos, está intimamente relacionada ao reduzido conhecimento das suas potencialidades, o que se reflete em um baixo número de lavras em operação (GROSS, J. 1998).

O município de Caçapava do Sul possui um rico terreno de mármore que há décadas vem sendo explorado por empresas mineradoras. Seu principal uso está na produção de corretivos de solo e cal, não produzindo nenhum tipo de bloco ou chapa para uso ornamental. A implementação de uma extração destes blocos pode trazer vantagens para a cidade, pois o consumo de rocha ornamental agrega valor econômico para a empresa e pode abrir mercado para exportações. As placas de mármore geralmente são associadas à coloração branca, justamente por se apresentar em sua maioria nesta forma. No entanto, Fabris (2015) conta em seu estudo da região que em Caçapava do Sul existem diversas outras variedades desta rocha carbonática, com colorações que variam desde o preto, cinza claro, rosa, creme, entre outras.

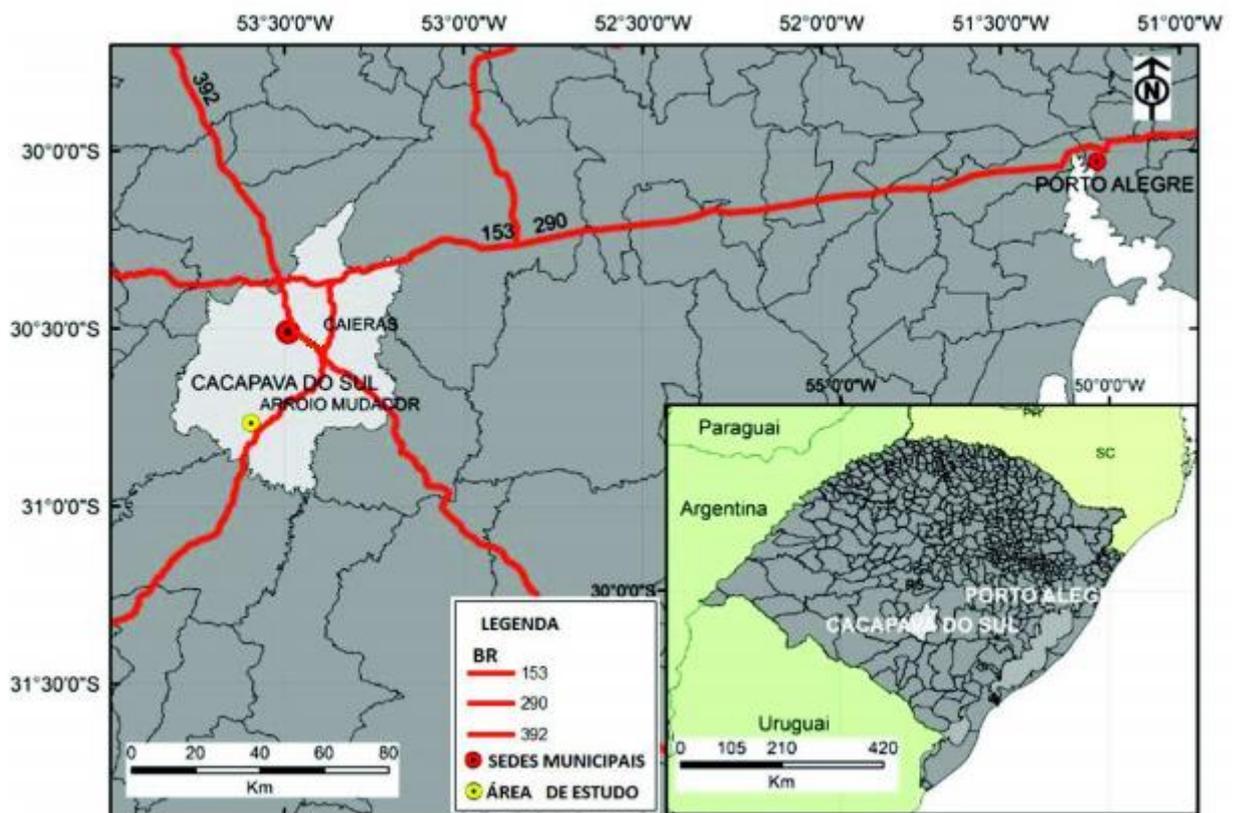
O estudo realizado com este trabalho servirá para corroborar com os estudos já realizados na região, no intuito de qualificar os testes ornamentais já feitos.

4. ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização e acesso

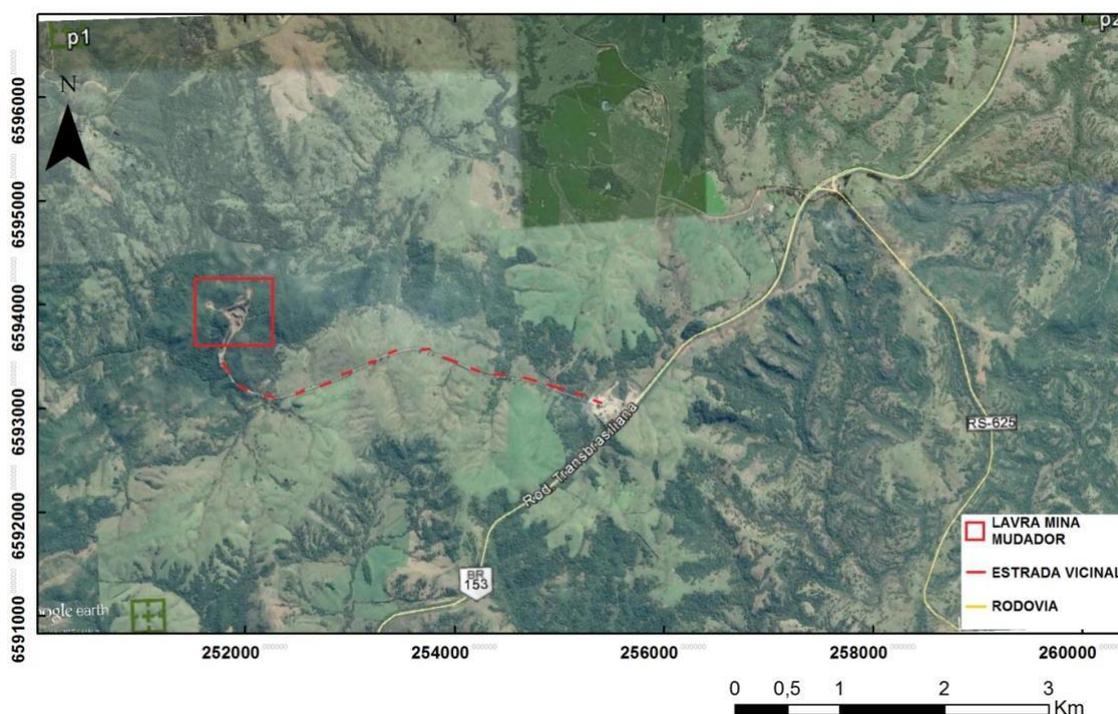
A rocha em estudo encontra-se na localidade conhecida por Arroio Mudador – distrito Seival-Carajá, no município brasileiro de Caçapava do Sul, sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, situado a 125 km da divisa com o Uruguai. O acesso à mina se dá pela BR-153, nas proximidades com a RS- 625. Após, segue-se 4 km por estrada particular vicinal até a lavra.

Figura 1: Mapa de acesso ao mármore Mudador



Fonte: FABRIS, 2015. (modificado pelo autor).

Figura 2: Mapa de localização da cava da mina, vista em imagem de satélite.



Fonte: modificado de Google.

4.2 Contexto geológico

A área em estudo pertence ao complexo metamórfico Passo Feio. Está situada no terreno neoproterozóico São Gabriel, que faz parte do Cinturão Dom Feliciano, na porção sul da Província Mantiqueira.

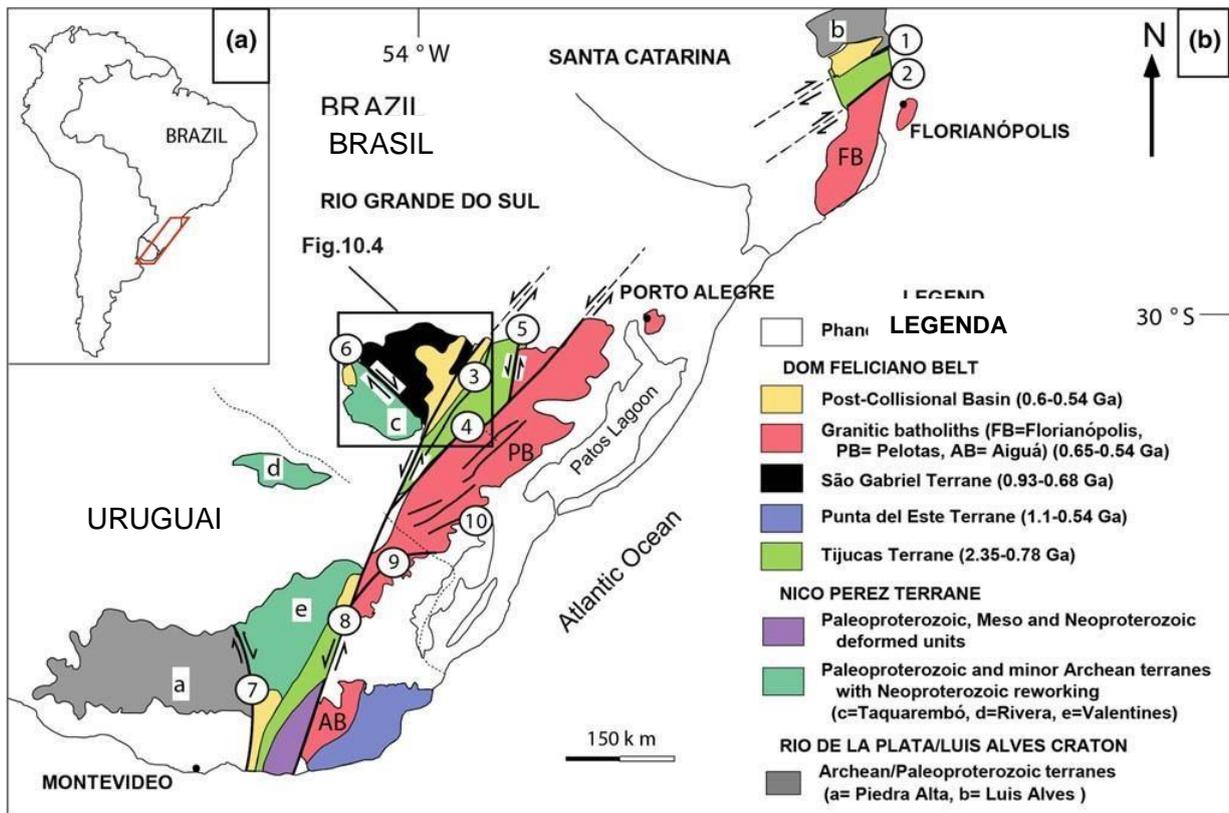
4.2.1 Geologia Regional

Cinturão Dom Feliciano

O cinturão Dom Feliciano é um importante complexo orogênico, se estendendo da porção sul do Brasil até o leste Uruguai. Compreende a colagem de domínios oceânicos com fragmentos continentais, desenvolvidos entre 0,9 e 0,54 Ga entre o Cráton La Plata, Terreno Nico Perez e o Cráton Kalahari. Este cinturão orgênico borda as rochas pré-cambrianas expostas do escudo Sul Riograndense. É um segmento da Província Mantiqueira, representando um segmento crustal fortemente deformado e migmatizado entre 650 e 620 Ma

(FERNANDES *et al.* 1992; CHEMALE *et al.* 1995; BITENCOURT & NARDI 2000; PHILIPP & MACHADO 2005; HARTMANN *et al.* 2007; SAALMANN *et al.* 2010; PHILIPP *et al.* 2013). Ele subdivide-se nos terrenos Taquarembó, São Gabriel, Tijucas, Pelotas e a bacia pós-colisional do Camaquã (Figura 3), dispostos como faixas alongadas de direção NE-SW, e limitadas por zonas de cisalhamento dúcteis de escala continental.

Figura 3: Unidades geotectônicas dos escudos Uruguaio e sul Brasileiro. Zonas de cisalhamento: 1 Itajai-Perimbó, 2 Major Gercino, 3 Caçapava do Sul, 4 Dorsal de Canguçu, 5 Passo do Marinheiro, 6 Ibaré, 7 Sarandí del Yí, 8 Sierra Ballena, 9 Cerro Amaro e 10 Arroio Grande.



Fonte: (modificado por Oyhançabal et al. 2011; PHILIPP et al. 2016a).

Terreno São Gabriel

O Terreno São Gabriel (TSG), conhecido também por Cinturão Vila Nova (CHEMALE JR., 2000), ocorre na porção oeste do Cinturão Dom Feliciano, tendo formato alongado na direção N20-30°E, compreendendo a uma área de aproximadamente 110 km x 60 km. O TSG tem sua evolução tectometamórfica atribuída a um ambiente de arco magmático cujos registros têm idade Neoproterozóica e estão associados ao ciclo orogênico Brasileiro. Este terreno é composto pela Formação Passo Feio, Grupo Palma, Complexo Cambaí, bem como pelas rochas graníticas intrusivas pós-tectônicas e tardi a pós-tectônicas em relação ao Ciclo Brasileiro. As rochas carbonáticas que compõem as unidades do Bloco São Gabriel são metamórficas e contêm um extenso registro de eventos desde sua cristalização e diagênese até metamorfismo regional e hidrotermalismo.

Esta região é coberta a oeste e ao norte pelas unidades Fanerozóicas da Bacia do Paraná, ao sul pela Zona de Cisalhamento Ibaré e ao leste pela Zona de Cisalhamento Caçapava do Sul (CSSZ). A modelagem geofísica da CSSZ mostra que esta estrutura é profundamente assentada e pode ser interpretada como a zona de sutura entre os terrenos de São Gabriel e Tijucas (CHEMALE, 2000 et al.). Este Terreno consiste em complexos ofiolíticos remanescentes de dois arcos magmáticos neoproterozóicos; o mais antigo é um arco intra-oceânico (Passinho) e o mais novo representa um arco de margem continental ativa (São Gabriel). De acordo com Machado et al. (1990) e Remus et al. (1999;2000), o magmatismo gerado possui idades entre 770 Ma, e um posterior metamorfismo das rochas metavulcânicas e metassedimentares que compõe o terreno, idades entre 700 Ma. Seguindo a estratigrafia da área, acima estão localizadas as sequências sedimentares e vulcânicas do Camaquã, contendo também intrusões por rochas graníticas associadas à orogenia Dom Feliciano. Sobre este terreno encontram-se localizadas as cidades de Caçapava do Sul, Vila Nova do Sul, São Gabriel e Lavras do Sul.

4.2.1 Geologia Local

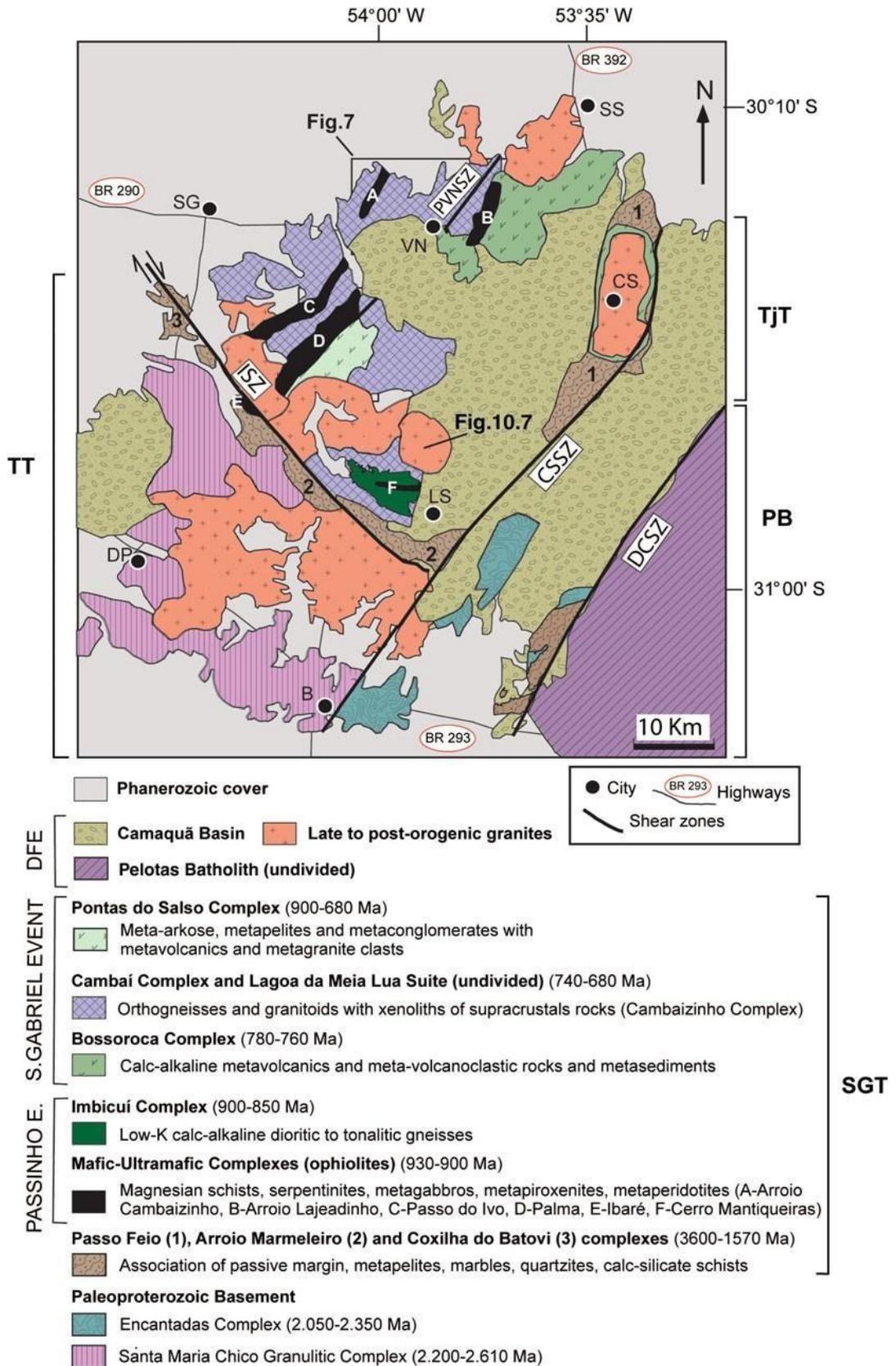
Complexo metamórfico Passo Feio

O complexo Passo Feio é um registro parcial de uma paleobacia, cujos sedimentos foram metamorfizados por um evento de metamorfismo regional orogênico, que posteriormente foi intrudida pelo Granito Caçapava do Sul (RIBEIRO, 1966; BITENCOURT, 1983; REMUS *et al.*, 2000.) Os trabalhos pioneiros de mapeamento geológico foram realizados por Ribeiro *et al.* (1966) e Ribeiro (1970) que descreveram os metassedimentos como de origem clástica e incluem o Cinturão Metamórfico Passo Feio na Formação Vacacaí. Está exposto na parte oeste do Terreno São Gabriel e foi definido originalmente como uma sequência de metapelitos, mármore, xistos cálcio silicáticos, quartzitos, anfibolitos, rochas metavulcânicas/metavulcanoclásticas e xistos magnesianos. Através de datação de U/Pb em zircões detríticos, possui idade de cristalização da rocha fonte de 2053±43 Ma e idade do metamorfismo de 700 Ma (REMUS *et al.*, 2000).

Este metamorfismo foi definido por Bitencourt (1983) como possuindo dois momentos distintos, um primeiro atingiu as fácies anfibolito, onde a presença de andaluzita indica um metamorfismo de baixo grau, e outro atingindo fácies xisto verde. Estes eventos ainda foram acompanhados por duas fases de deformação. A primeira é reconhecida apenas em microscópio e a segunda é vista como responsável pela foliação metamórfica regional. Bitencourt (1983) ainda descreve que a intrusão do Complexo Granítico Caçapava do Sul tem forte relação ao segundo evento metamórfico. Já para Remus *et al.* (2000), a intrusão do granito afetou o Complexo Granítico nas regiões de contato, com recristalização mineral.

Os mármore do Passo Feio foram classificados como mármore dolomíticos impuros (BORTOLOTTI, 1987). Sendo uma rocha metamórfica que possui carbonatos formados a partir de calcários e dolomitos submetidos a pressões e temperaturas elevadas. Possuem impurezas, normalmente de composição silicática que formam bandas entre partes de composição carbonática uniforme. Os mármore desta localidade constituem a matéria prima para corretivos de solo em maior escala, e também para fabricação de cal virgem.

Figura 4: Mapa geológico do Terreno São Gabriel. Complexo metamórfico Passo Feio observado em (1), ao centro deste está localizado o Complexo granítico Caçapava do Sul (CS).



Fonte: Modificado de Philipp *et al.* (2016a).

5 ESTADO DA ARTE

5.1 Rocha Ornamental

A Associação Brasileira de Normas Técnicas define rocha ornamental como uma substância rochosa natural que, submetida a diferentes graus de modelamento ou beneficiamento, pode ser utilizada como uma função estética qualquer. Rocha de revestimento, por sua vez, é qualificada pelo órgão como material rochoso passível de desdobramentos e beneficiamentos diversos com emprego em acabamentos de superfícies de paredes e pisos em construções civis.

A *American Society for Testing and Materials*, órgão normatizador americano, define *dimension stone* (pedra ornamental) como qualquer material rochoso natural serrado, cortado em chapas e fatiado em placas, com ou sem acabamento mecânico, excluindo produtos acabados baseados em agregados artificialmente constituídos, compostos de fragmentos e pedras moídas e quebradas.

Comercialmente, as rochas ornamentais são definidas essencialmente à luz de duas principais categorias, que são os “granitos” e os “mármore”, distinguidas com base na sua composição mineralógica. Os granitos abrangeriam as rochas silicatadas, ou seja, formadas por minerais estruturalmente constituídos por tetraedros de SiO_4 , ao passo que os mármore incluiriam as rochas composicionalmente carbonáticas. Segundo Vidal (2002), estas duas categorias de rochas respondem largamente pelas variedades de rochas ornamentais e de revestimento comercializadas, representando cerca de 80% da produção mundial.

No tocante as características físico-mecânicas das rochas ornamentais, bem como sua alterabilidade, estão diretamente relacionadas a sua composição mineralógica, textura e estrutura internas, que, em síntese, definem sua melhor aplicação.

5.2 Mercado Econômico

O setor de rochas ornamentais tem grande importância para a economia mundial. Desde o século passado apresentou um crescimento na produção mundial estimado em 6% ao ano (NEVES, 2010). Em 1926 a produção mundial era de apenas 1,8 milhão de toneladas, já em 2015, quase 90 anos depois, esse número alcançou 140 milhões de toneladas. Dados deste mesmo ano afirmam que o Brasil participa entre os maiores produtores de rochas ornamentais, ocupando o 4º lugar com 5,9% da produção mundial, perfazendo 9,3 milhões de toneladas. O País também está entre os principais exportadores do setor, responsável por 4,3% das exportações, o equivalente a cerca de 2,3 milhões de toneladas (Montani, 2016).

A ABIROCHAS divulgou no início de 2019 que as rochas ornamentais continuam figurando como o 5º produto de base mineral mais exportado pelo Brasil, atrás apenas do minério de ferro, minério de cobre, ferro-ligas e ouro. As exportações brasileiras dos diversos produtos comerciais de rochas ornamentais somaram 2,20 milhões de toneladas, perfazendo US\$ 992,5 milhões em 2018. Neste mesmo ano o Brasil exportou rochas ornamentais para 120 países. Os três principais destinos foram EUA, China e Itália, nesta ordem. Considerando-se os principais destinos, os menores preços médios de venda foram praticados para a China (US\$ 170/t) e Taiwan (US\$ 160/t), tendo-se para o Canadá (US\$ 1.010/t) e Vietnam (US\$ 870/t) os maiores preços.

A partir de 2013 houve uma queda no faturamento total de rochas ornamentais. Entretanto, na exportação das rochas carbonáticas beneficiadas (sobretudo chapas de mármore) vem ocorrendo um crescimento em seu faturamento. Esses blocos de materiais carbonáticos, como é o caso do mármore em estudo, obteve uma variação positiva de 3,55% em seu preço médio em 2017. Com isso, saltou de 0,5% do faturamento total de rochas ornamentais em 2011 para 4,7% em 2017 (ABIROCHAS, 2017).

5.3 Aspectos Estéticos – Padrões Comuns e Raros

Diferentes tipos e abundâncias de minerais causam mudanças significativas no aspecto de uma rocha. Além de mudanças na composição, as alterações no clima ou até condições naturais geológicas como terremotos, movimentações do solo e atividade vulcânica irão ditar as características do maciço. O material ornamental pode-se então ser considerado exótico pelo mercado quando algo incomum acontece durante a sua formação.

Quando um material ornamental se destoa com uma rara característica, um dos principais jargões de venda é de que esse material não existirá dentro de um próximo período de tempo, já que ele realmente não voltará a existir, pois as variáveis geológicas são diversas. Esses materiais trabalham com o imprevisível e com formas que muitas vezes chegam a ser misteriosas. Essa é a verdadeira essência dos materiais exóticos, trabalhar com cores diferentes, veios imprevisíveis e principalmente, um padrão visual inesquecível (figuras 5 e 6). Tornando-se produtos valiosos no mundo do design e arquitetura de alto padrão.

Figura 5: Variação incomum do mármore com coloração esverdeada. Nome comercial: Mármore Verde Guatemala.



Fonte: <https://www.topmarmore.com.br/marmores-e-granitos-exoticos-a-nova-tendencia-do-mercado/> (acessado em março/2019).

Figura 6: Variação incomum de coloração escura e com fraturas preenchidas. Nome comercial: *Black Laurence*.



Fonte: Fonte: <https://www.topmarmore.com.br/marmores-e-granitos-exoticos-a-nova-tendencia-do-mercado/> (acessado em março/2019).

5.4 Mármore

Os mármore, no sentido comercial, incluem rochas composicionalmente carbonáticas, sedimentares e metamórficas. Podem ser maciços a bandeados, cripto a microcristalinos, até granoblásticos médios a grossos nos tipos metamórficos, com minerais predominantemente de dureza Mohs entre 3 e 4. Os mármore, assim como os quartzitos, têm suas feições texturais fortemente influenciadas por transformações metamórficas. Estas rochas, em função do grau metamórfico, apresentam granulação variando de fina até média. A mineralogia predominante consiste de calcita (CaCO_3) e dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$], em geral com o predomínio da primeira. Acessoriamente, pode incluir quartzo, pirita, siderita, feldspatos, entre outros, além de impurezas, tais como argilas, os quais definem seu padrão cromático, visto que a calcita e a dolomita são brancas.

Os mármore, pela sua própria natureza, são rochas macias, pouco abrasivas, e de baixa resistência aos agentes intempéricos. As variedades recristalizadas têm a vantagem de um menor índice de porosidade e de

absorção de água. Comercialmente, são conhecidas diversas variedades, com destaque para o Bege Bahia (travertino), o Imperial Pink (mármore calcítico), a Pedra Cariri (calcário laminado), o Candelária White (mármore dolomítico) e o Carrara (calcário).

5.5 Mármore Mudador

Esta litologia é classificada como mármore do tipo dolomítico, possuindo como característica principal sua coloração escura (Figura 7). Possui grãos de tamanho fino e veios preenchidos por cristais de calcita e material silicático.

Figura 7: Bloco rolado do Mármore Mudador. Cores avermelhadas são em decorrência do intemperismo.



Fonte: autor

Trabalho anterior realizado na área por Gross (1998) traz relevantes informações para o estudo em questão. Ele conta que o maciço de mármore distribui-se ao longo de 800 m no sentido NE– SW e 650 m no sentido NW–SE, atingindo mais de 150 m de profundidade (Figura 8). Este mármore se apresenta preto veiado de branco, com boa uniformidade e continuidade textural e cromática. Outro aspecto importante neste tipo de mármore é o tamanho de grão muito fino e homogêneo, o que confere uma excelente resposta ao polimento. A pesquisa revelou que o bloco rochoso do Mudador está situado sob influência de uma dobra regional. Em relação à tectônica rúptil, identificam-se dois sistemas de fraturas: uma primeira paralela à foliação, com orientação aproximadamente 241° , e uma segunda perpendicular à foliação, com orientação preferencial 341° respectivamente.

Gross (1998) ainda descreve que apesar da excepcionalidade das características cromáticas e texturais, o mármore Mudador apresenta-se muito fraturado, devendo gerar blocos de médio a pequeno porte na sua grande maioria. As reservas são bastante expressivas, alcançando aproximadamente 1.500.000 m³.

Figura 8: Imagem de satélite. Lavra a céu aberto do Mármore Mudador.



Fonte: Google (2019).

5.5.1 Ensaio de laboratório

Os índices físicos foram retirados do trabalho de Gross (1998), sendo realizados sobre testemunhos de sondagens. Foram analisados parâmetros de índices físicos, compressão uniaxial, tração direta, compressão diametral (relatório 31676 da instituição IPT).

Para índices físicos foram utilizadas 10 corpos de prova, tendo como resultados:

- a) Massa específica aparente (Kg/m^3) seca entre 2,792 e 2,857;
- b) Massa específica aparente (Kg/m^3) saturada entre 2,795 e 2,859;
- c) Porosidade aparente entre 0,08 e 0,58 - média de 0,25;
- d) Absorção de água entre 0,03 e 0,12 – média 0,09.

Para ensaios de compressão uniaxial foram utilizados 6 corpos de prova, tendo como resultados:

- a) Força de ruptura (Kgf) mínima de 23,759 e máxima de 55,064;
- b) Tensão de ruptura (Mpa) mínima 101,7 e máxima de 235,8.

Para Compressão diametral foram utilizados 10 corpos de prova, com resultados:

- a) Força de ruptura (Kgf) mínima de 17,5 e máxima de 45,4;
- b) Tensão de ruptura (Mpa) mínima de 6,6 e máxima de 20,5.

De acordo com a norma ASTM C 503, para revestimento exterior, o mármore dolomítico deve possuir parâmetros mínimos de: densidade aparente maior que 2800 Kg/m^3 , absorção de água $\leq 0,2$, resistência à compressão uniaxial $\geq 52 \text{ Mpa}$ e resistência à flexão ≥ 7 .

Porosidade Aparente, de acordo com *Manual da Pedra Natural para Arquitetura* (Henriques & Tello, coord., 2006), é considerada alta para valores a partir de 3,0.

6.5.2 Testes analíticos

Fabris (2015) realizou testes analíticos em amostras do Mármore Mudador em sua dissertação de graduação. O estudo buscou encontrar valores de percentagens para os óxidos presentes nesta rocha. Cinco amostras foram analisadas, gerando resultados médios de:

- a) CaO – 31,76% ;
- b) MgO – 21,11% ;
- c) CaO + MgO – 52,87%.

Os valores de %CaO nas mesmas amostras variaram de 29,72 a 33,64 e os valores de %MgO variaram de 19,5 a 22,8. A soma dos valores destes óxidos variaram de 48,87 a 56,02. Os resíduos insolúveis, que correspondem à fração de material silicático presente na rocha, apresentam um valor médio de 4,9.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

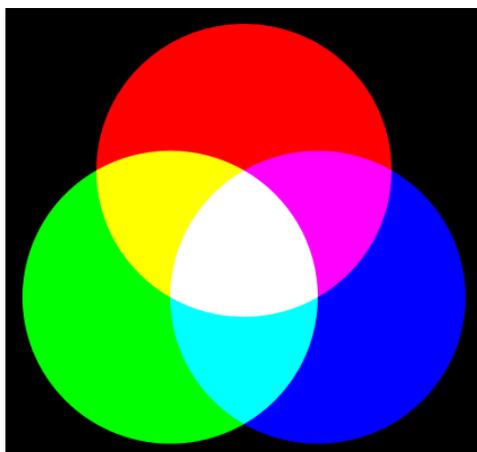
Os métodos adotados foram inicialmente a revisão bibliográfica sobre a área de estudo, saídas a campo para coleta de amostras e análise de campo. Em outro momento foram realizados testes em laboratório, estes consistem no estudo de mineralogia ótica e verificação da reatividade do mármore a ataques químicos.

As amostras foram coletadas frescas, logo após a detonação da atividade mineira. Foram escolhidas as que melhor se adequassem as formas de corte e polimento do ataque químico.

O ensaio de resistência ao ataque químico foi determinada através dos procedimentos contidos no anexo “H” da norma NBR 13818(ABNT, 1997) em placas de rochas polidas, medindo 10cm x 8cm x 2cm, nas quais foram feitas leituras iniciais de cor, antes do ataque, e leituras finais, após o ataque.

As medidas de cor foram obtidas com o *software ImageJ*, da *National Institute of Health*, sendo este um programa de domínio público feito em *Java* e destinado ao processamento de imagens. Com esse programa foram obtidos os histogramas de cores “RGB” (*red, green e blue*; em português: vermelho, verde e azul) para comparativo do antes e depois do teste. O modelo de cores RGB é um modelo de cores aditivos em que vermelho, verde e azul são combinados a partir de várias intensidades diferentes a fim de reproduzir um espectro maior de cores (Figura 9). A finalidade deste sistema de cores é a reprodução de cores em dispositivos eletrônicos.

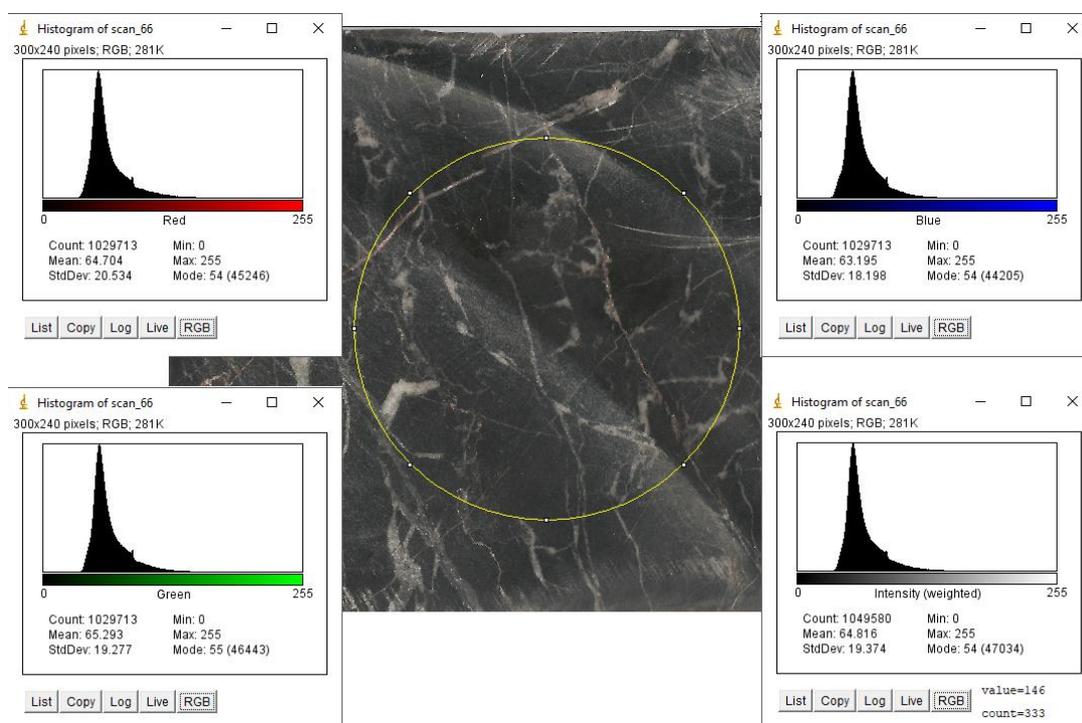
Figura 9: Mistura das cores vermelho, verde e azul.



Fonte: acervo do *Wikimedia Commons* da *Wikimedia Foudation*.

Cada uma dessas três cores possui um histograma que descreve a intensidade do brilho para qualquer uma das cores individualmente, variando do zero (preto) a 255 (cor visível). A soma dos três histogramas RGB resulta no histograma de luminosidade, que vai de preto a branco. Com isso foram selecionadas as áreas da superfície do mármore de onde foram realizados os ataques químicos e feito às leituras com o *software* (Figura 10).

Figura 10: Histograma de cores e de luminosidade (média da soma das cores vermelho, verde e azul) da superfície polida antes de realizar o ataque químico. O círculo amarelo representa a área do ataque.



Fonte: ImageJ (modificado pelo autor).

O ataque foi feito com os seguintes reagentes químicos: cloreto de amônio (100 g/L), solução de hipoclorito de sódio (20 mg/L), ácido clorídrico (3%), ácido cítrico (100 g/L) e solução de hidróxido de potássio (30 g/L) como dita a norma, porém também foi realizado um teste de ataque químico adicional com água destilada. Estes reagentes representam produtos químicos domésticos, produtos para tratamento de água de piscina e ácidos e álcalis de baixa concentração. O poder agressivo das soluções utilizadas foi analisado em relação à perda de brilho e alterações cromáticas que venham a ocorrer nas superfícies polidas. As placas de mármore ficaram expostas a ação dos agentes químicos de acordo com o tempo especificado na norma, como mostra o quadro 1:

Quadro 1: Tempo de ataque de acordo com NBR 13818 (1997)

Agentes agressivos:	Tempo de ataque (horas):
Cloreto de Amônia	24
Hipoclorito de Sódio	24
Ácido Cítrico	24
Ácido Clorídrico	96
Hidróxido de Potássio	96

Para realizar o ensaio de ataque foram confeccionados, para cada amostra, um cilindro de policloreto de vinila (PVC) de 50 mm de comprimento e 65 mm de diâmetro. Após colagem com silicone industrial foi então adicionado aproximadamente 50 ml de cada reagente em seu respectivo cilindro, tampado e aguardado o tempo de análise.

Figura 11: As seis chapas de mármore antes(esq.) e depois(dir.) de iniciar o teste.



Fonte: o autor.

A preparação de lâminas petrográficas serviu para análise da mineralogia do mármore. A partir de uma lasca de espessura micrométrica é possível identificar, com o uso de um microscópio petrográfico, os minerais que compõe a rocha.

Foram selecionadas as superfícies expostas aos agentes agressivos para a confecção das lâminas petrográficas (esquirolas). Com auxílio de máquina de disco de corte diamantado, retirou-se uma camada de 2 cm de espessura de cada superfície atacada pelos reagentes para confecção das lâminas (Figura 12).

Figura 12: Máquina de corte. Técnico responsável da UNIPAMPA realiza o corte das superfícies atacadas.



Fonte: o autor.

As imagens digitais do mármore polido para leitura de cor foram realizadas com scanner em resolução ótica de 600 dpi.

As fotos da mineralogia ótica, conhecido como fotomicrografia, foram capturadas com câmera fotográfica de um telefone celular da marca *Apple* de 8 megapixels.

Para a discussão dos parâmetros de índices físicos foi optado por utilizar a norma norte americana ASTM C 503, pois esta norma dita índices limítrofes de qualidade especificadamente para o mármore calcítico e dolomítico. As normas brasileiras somente ditam índices para rochas ornamentais no geral, podendo ser elas de quaisquer tipos. Sendo assim, a norma norte americana resultou em melhores resultados para o estudo.

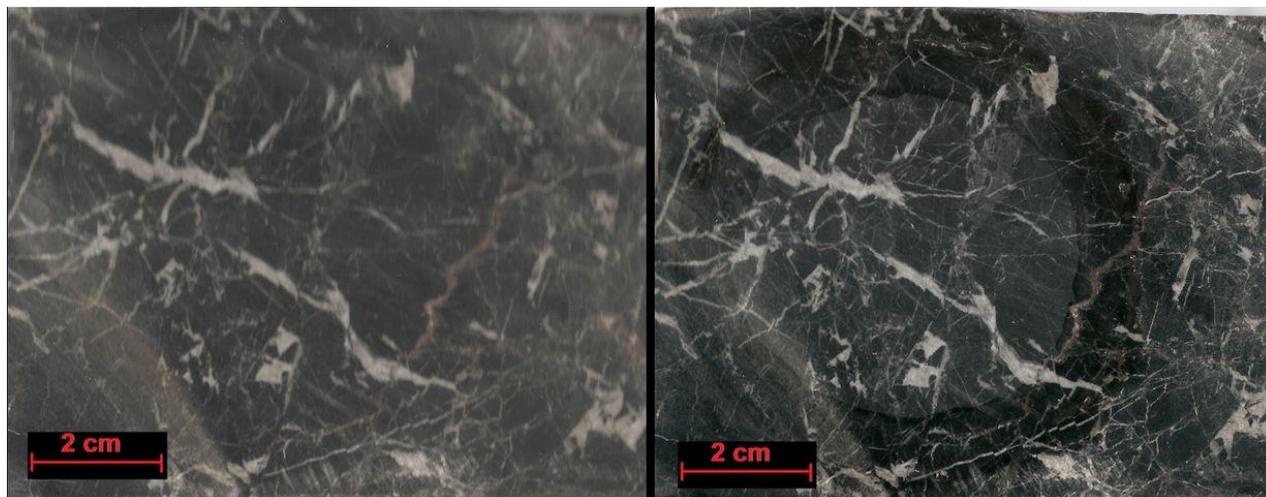
7. RESULTADOS

7.1 Ataque Químico

7.1.1 Água Destilada

Essa amostra foi a única que não foi atacada com reagentes químicos danosos, sendo feito com água destilada. O que foi observado ao passar 24h é que a água não causou efeitos ao mármore. A mancha que borda o círculo interno é decorrente da cola de silicone utilizada.

Figura 13: Placa de mármore polida. A esquerda antes e a direita depois do ataque químico com água.

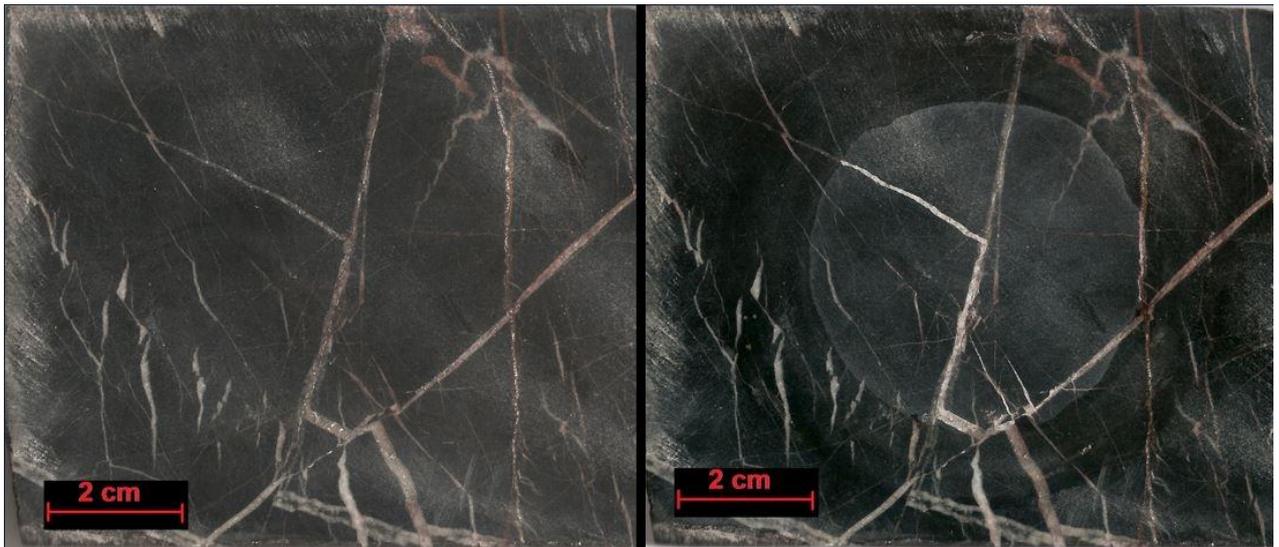


Fonte: o autor.

7.1.2 Cloreto de amônio

Na amostra atacada pelo NH_4Cl é possível identificar que alguns vênulos sofreram alteração a exposição do reagente, tornando-se mais rugosos e evidentes. A rocha em toda superfície de contato foi manchada alterando a coloração.

Figura 14: Placa de mármore polida. A esquerda antes e a direita depois do ataque químico de NH_4Cl .

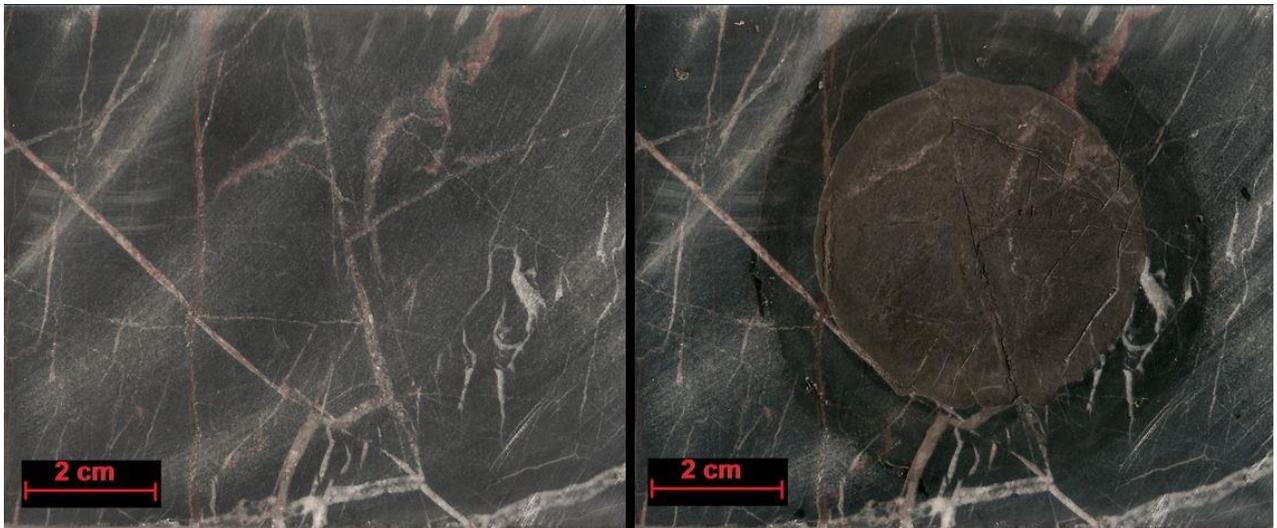


Fonte: o autor.

7.1.3 Ácido Clorídrico

A amostra atacada pelo HCl foi uma das mais alteradas após o ataque químico. A superfície exposta foi totalmente corroída, perdendo 1 milímetro de espessura aproximadamente. A rocha perdeu coloração tornando-se opaca e rugosa. Vênulos mais finos foram preservados ficando salientes, pois não reagiram ao ácido.

Figura 15: Placa de mármore polida. A esquerda antes e a direita depois do ataque químico de HCl.

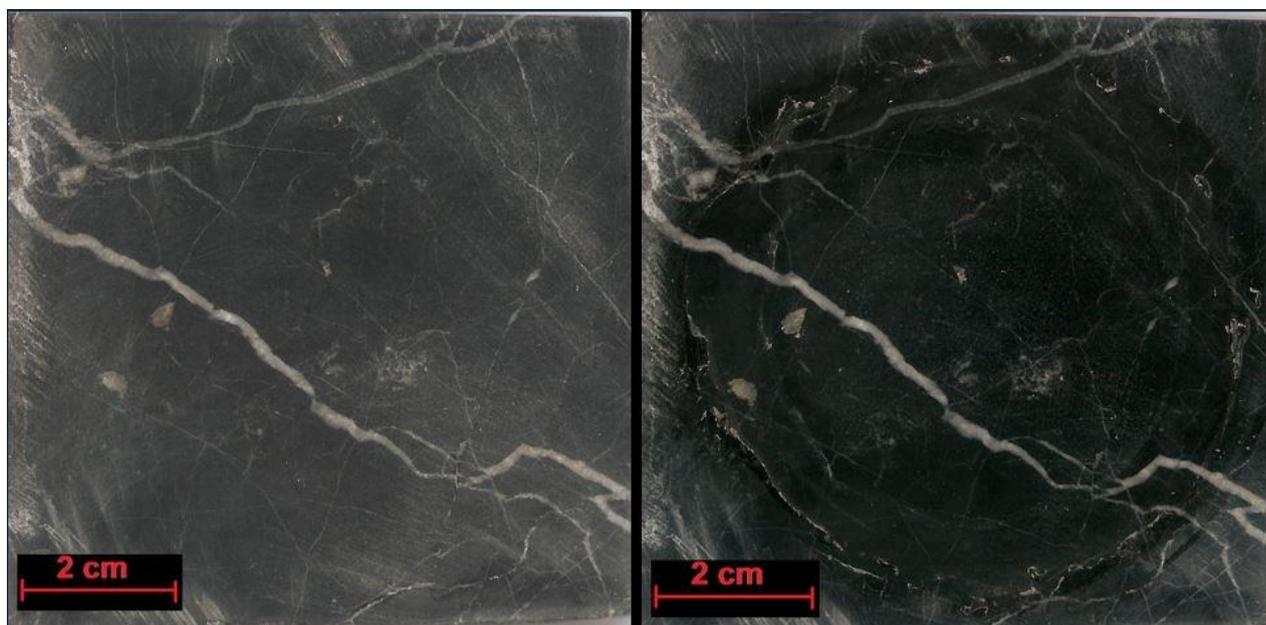


Fonte: o autor.

7.1.4 Hidróxido de Potássio

A amostra atacada pelo KOH sofreu alterações pontuais. Em sua maioria a superfície não perdeu coloração expressiva, porém manchas de forma pontual e milimétricas apareceram em toda totalidade exposta, tornando-a levemente esbranquiçada. Os veios não sofreram alteração aparente ao olho nu.

Figura 16: Placa de mármore polida. A esquerda antes e a direita depois do ataque químico de KOH.

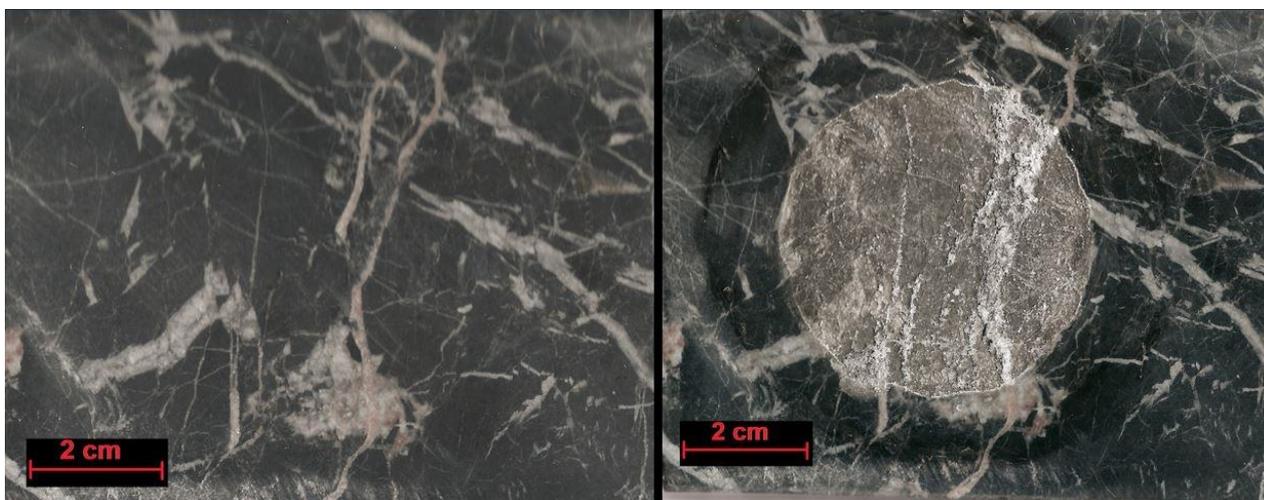


Fonte: o autor.

7.1.5 Ácido Cítrico

A amostra atacada por $C_6H_8O_7$ foi totalmente danificada aos ataques químicos. O contato com o ácido cítrico danificou a superfície da rocha, tornando-a esbranquiçada e rugosa. O ácido cítrico depositou material mineral, ficando uma espécie de sal cristalizado sob a superfície rochosa.

Figura 17: Placa de mármore polida. A esquerda antes e a direita depois do ataque químico com $C_6H_8O_7$.

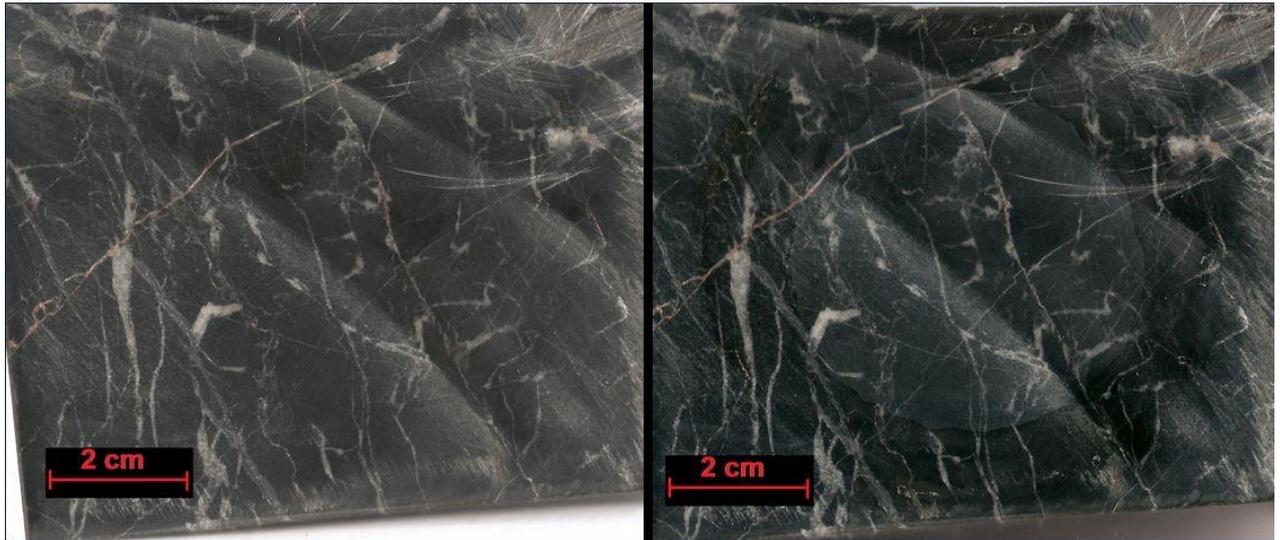


Fonte: o autor.

7.1.6 Hipoclorito de Sódio

O sal NaClO não danificou a superfície durante o ataque químico.

Figura 18: Placa de mármore polida. A esquerda antes e a direita depois do ataque químico de NaClO.



Fonte: o autor.

7.2 Medida de cores

Com a utilização do *software ImageJ* foram realizadas leituras de cores antes e após o ataque químico de todos os reagentes. A medida das cores foi feita a partir do modelo de cores RGB e sua intensidade, que varia de 0 a 255. Os valores representam a média de intensidade de cada cor, como é possível observar na tabela 2. A última coluna do quadro 2 representa a média da soma das três cores.

Quadro 2: Valores dos espectros RGB obtidos através da análise de imagem do mármore Mudador em amostras antes e depois do ataque químico.

Reagente	Red		Green		Blue		R+G+B	
	antes	depois	antes	depois	antes	depois	antes	depois
Cloreto de amônio	61,4	57,9	60,8	62,1	58,0	60,5	60,1	60,2
Ácido clorídrico	77,4	60,9	75,7	54,7	72,5	45,9	75,2	53,8
Hidróxido de potássio	62,3	25,5	63,5	31,9	61,9	27,9	62,6	28,4
Água destilada	74,2	68,4	74,5	71,9	72,2	69,6	73,6	70,0
Ácido cítrico	82,2	131,5	81,5	125,4	78,7	117,9	80,8	124,9
Hipoclorito de sódio	64,7	53,3	65,3	59,2	63,2	57,9	64,4	56,8

Para o efeito de melhor visualização dos resultados foi gerado uma segunda quadro (Quadro 3) somente com as diferenças em porcentagem das leituras de cores e da média da soma dos valores. Valores negativos significam que o mármore perdeu essa porcentagem de cor em relação à leitura inicial, e valores positivos significam o contrário.

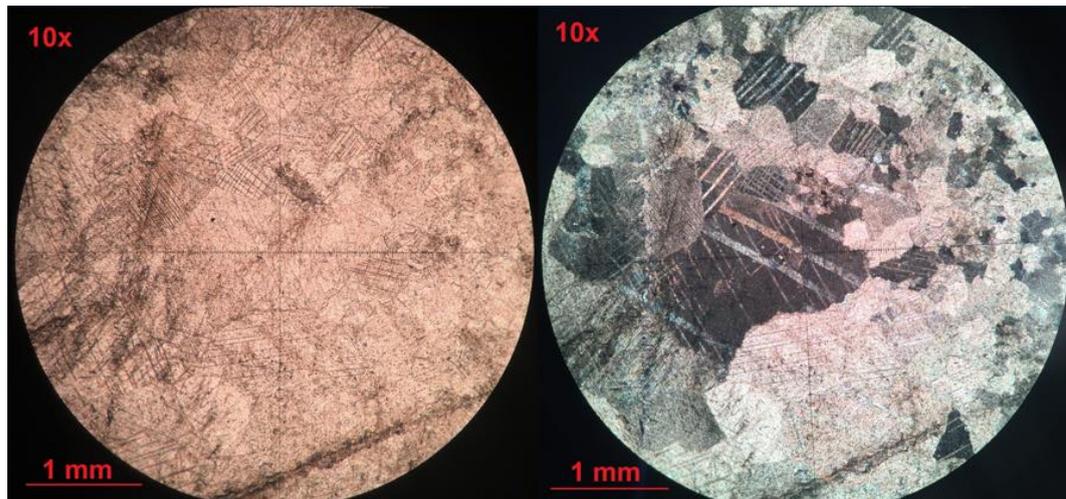
Quadro 3: Diferenças em porcentagem das leituras de cor RGB e média da soma das três cores representando o total de cor alterado.

Reagente	R(%)	G(%)	B(%)	Total(%)
Cloreto de amônio	-5,7	+2,1	+4,3	+0,2
Ácido clorídrico	-21,3	-27,7	-36,7	-28,4
Hidróxido de potássio	-59,1	-49,8	-54,9	-54,6
Água destilada	-7,8	-3,5	-3,6	-5,0
Ácido cítrico	+60,0	+53,9	+49,8	+54,6
Hipoclorito de sódio	-17,6	-9,3	-8,4	-11,8

7.3 Mineralogia Ótica

As lâminas petrográficas confeccionadas possuem todas as mesmas características composicionais, com uma matriz fina de difícil classificação ótica e diversas microfraturas preenchidas por quartzo ou calcita (Figura 19).

Figura 19: Em lente de aumento de 10 vezes veio preenchido por minerais de calcita, inalterados pelo ataque químico com hipoclorito de sódio. A direita em nicóis paralelos e a esquerda nicóis cruzados.



Fonte: o autor.

Foram confeccionadas lâminas das superfícies atacadas pelos reagentes químicos, destes somente as atacadas por cloreto de amônio (Figura 20), ácido clorídrico (Figura 21) e ácido cítrico (Figura 22) apresentaram alterações na mineralogia.

Figura 20: Nicóis cruzados. Superfície atacada por cloreto de amônio. Em detalhe veio de calcita bordado por material escuro. Os cristais de calcita dos veios estão alterados, com grande desgaste de suas características óticas com maclas e birefringência de difícil identificação, por vezes sem arranjo interno do cristal.

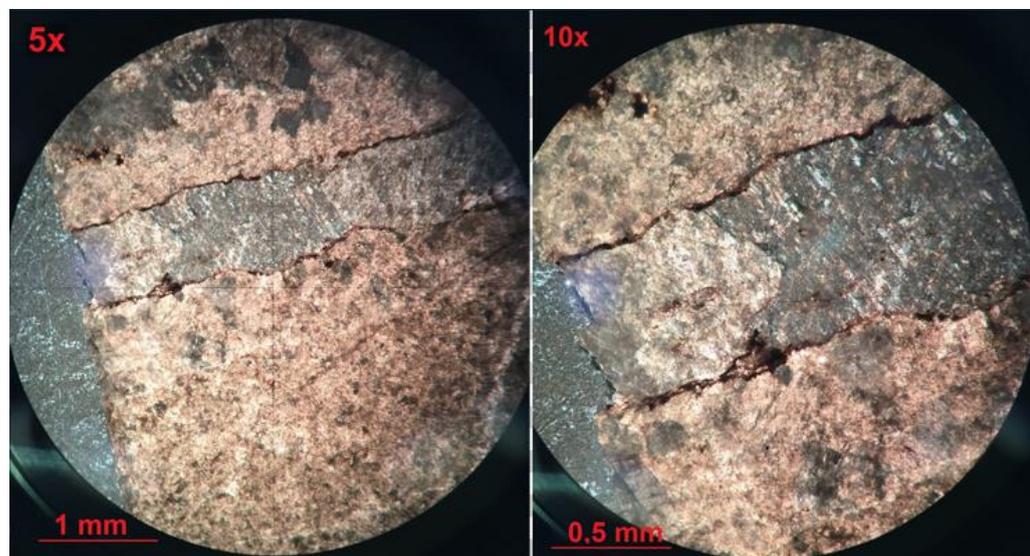
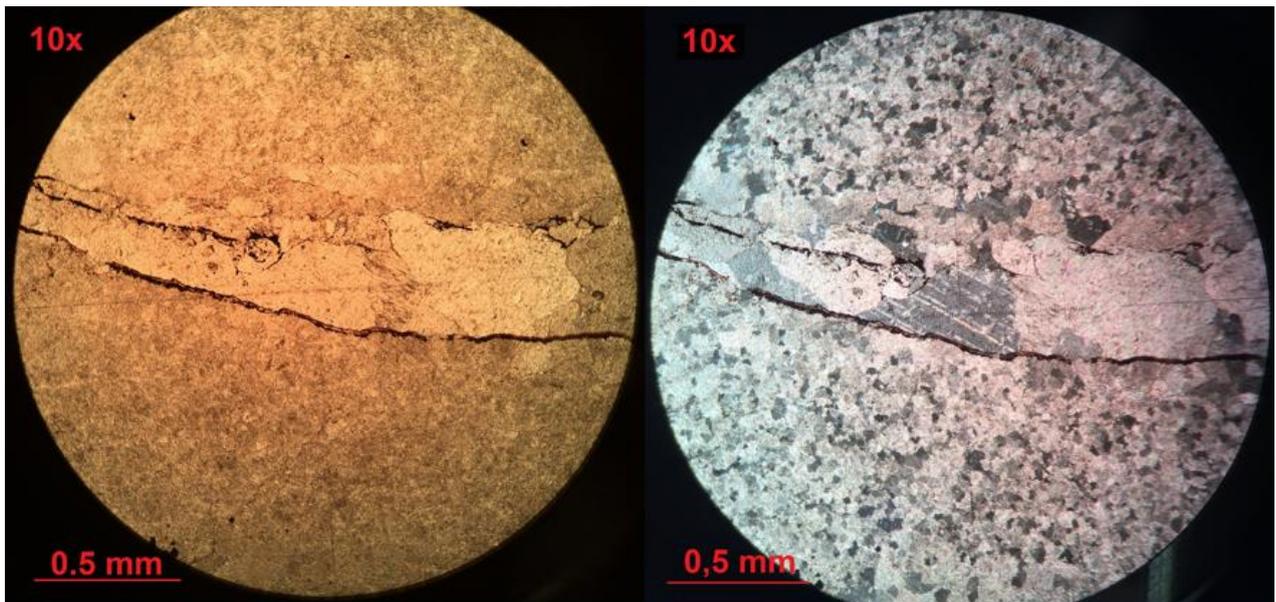
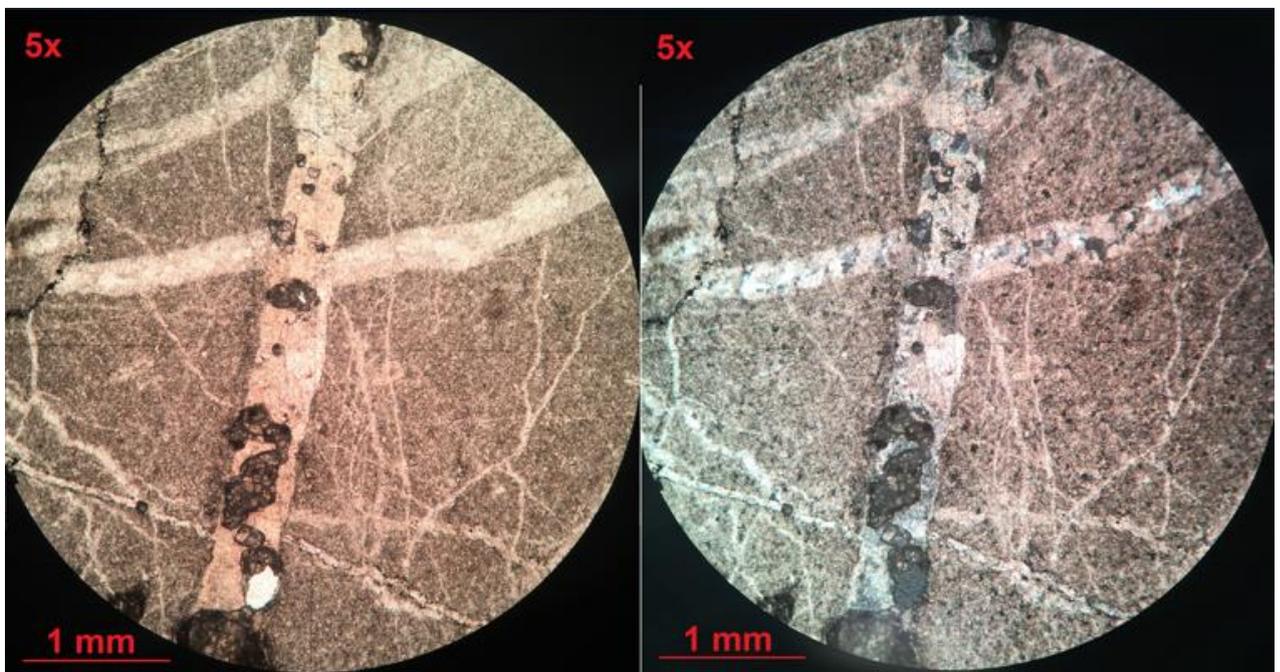


Figura 21: Nicóis paralelos na esquerda e nicóis cruzados à direita. Superfície atacada por ácido clorídrico. Constatou-se oxidação nas bordas dos veios de calcita.



Fonte: o autor.

Figura 22: Nicóis paralelos na esquerda e nicóis cruzados à direita. Superfície atacada por ácido cítrico. Em detalhe veios preenchidos que se interceptam. O veio verticalizado é constituído por calcita e em toda sua totalidade possui perda de material.



Fonte: o autor.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A rocha encontra-se dentro de um sistema afetado por um contexto geotectônico compressivo, em decorrência do ciclo orogênico Brasileiro, estando situada próxima a lineamentos estruturais. Além disso, vem há décadas sofrendo com o uso de explosivos. Apresenta deformações dúcteis e rúpteis que produziram significativos fraturamentos, controlando o tamanho de blocos ornamentais a serem extraídos. Fraturas preenchidas encontram-se dispersas por toda rocha e, após a análise em microscópio, foram caracterizadas como sendo de composição carbonática, silicática ou oxidada.

A rocha possui uma textura afanítica, constituída por minerais não visíveis a olho nú, não possuindo poros evidentes. Após polimento se tornou de fácil limpeza com água e com a água de seus interstícios minerais evaporando rapidamente.

Após a realização do ensaio de ataque químico as amostras que sofreram nítida resposta ao ataque foram as expostas ao ácido clorídrico e ao ácido cítrico. Indicando que o mármore em estudo não deve entrar em contato com produtos que possuam tal formulação.

O ácido clorídrico, também conhecido como ácido muriático em produtos de limpeza, reagiu em contato com o carbonato de cálcio do mármore. Essa reação dissolveu o mármore, produzindo água, gás carbônico e cloreto de cálcio como mostra a fórmula abaixo:



O ataque com ácido clorídrico também comprovou a existência dos veios de quartzo. Na amostra corroída somente os veios de quartzo se mantiveram inalterados, pois o quartzo não reage com este ácido. Frascá *et al.* (1999) verificaram que, em presença de soluções com HCl geralmente há a oxidação de minerais, principalmente máficos, o que poderia justificar a coloração escura ao redor dos veios de calcita após o ataque.

A amostra submetida ao ataque químico com ácido cítrico, que é um ácido orgânico, teve sua superfície totalmente alterada. Ao contrário do ácido clorídrico a amostra aumentou o relevo superficial com expressiva rugosidade. Deve ser evitado o contato do mármore com produtos como frutas cítricas, vinagres e refrigerantes.

O ataque químico com hipoclorito de sódio também danificou a superfície do mármore. Esse reagente possui um forte poder de limpeza, sendo conhecido popularmente como cloro ativo. O uso desta substância manchou a amostra, desbotando o brilho do polimento e alterando sua coloração característica. O NaClO é comumente usado no tratamento de piscina, água sanitária e antimoho.

O ataque utilizando somente água destilada não provocou alterações. A água ficou em contato com a superfície do mármore durante 24 horas, não decaindo seu nível por uma eventual absorção por parte da rocha. Com isso constatou-se que o mármore possui pouca porosidade e baixa permeabilidade pós polimento. Esta observação indica que a utilização do mármore para revestimento em pisos que possuam contato com a água poderia criar uma lâmina de água na superfície da pedra, o que implicaria em acidentes como escorregamentos.

Os índices físicos realizados por Gross (1998) ao serem comparados com a normativa ASTM C 503, sobre mármore dolomítico ornamental, comprovou que os testes de massa específica seca e saturada, absorção de água e compressão uniaxial obtiveram valores satisfatórios para uso em ornamental. Para a resistência à flexão a norma exige valores maiores ou iguais a 7 MPa. Sendo assim, dos 10 corpos de prova o valor mínimo obtido foi de 6,6 e o máximo de 20,5. Ou seja, algumas amostras ficaram abaixo do valor exigido pela norma e outras acima, isso implicaria em um estudo mais detalhado para uso do mármore para revestimento em paredes.

A norma ASTM C 503 não dita valores para porosidade aparente, sendo assim feita análise a partir do *Manual da Pedra Natural para Arquitectura* (Henriques & Tello, coord., 2006). Os valores de porosidade obtidos foram classificados como sendo de muito baixa (0,08) à baixa (0,58), demonstrando que a rocha possui pouco espaço entre seus interstícios minerais e justificando a baixa absorção dos reagentes utilizados nas placas de mármore pós polimento.

As lâminas petrográficas constataram diversas microfraturas em todas as amostras. As fraturas preenchidas por quartzo são mais finas e não possuíram alterações após o ataque químico. Já as fraturas preenchidas por calcita tiveram alterações nos ataques por ácido clorídrico, cloreto de amônio e ácido cítrico, esta última com remoção de material do veio, o que indica que o ataque corroeu os minerais em diferentes níveis de profundidade.

As leituras de cor realizadas com o software demonstraram alterações de cor em todas as placas polidas submetidas ao ataque químico, algumas com pouca diferença e outras com grandes diferenças na leitura. As leituras do mármore exposto ao Hidróxido de potássio, ácido cítrico e ácido clorídrico foram as que tiveram grandes alterações, sendo acima de 28%, comprovando o observado a olho nú. Durante o processo dos ensaios de leitura foi observado que as fotos anteriores ao teste estavam com uma luminosidade levemente maior do que as fotos após o ataque, gerando pequenas mudanças nos valores de leitura de cor mesmo em amostras que não foram alteradas. Levando como base a água, que não reagiu com o mármore, observou-se neste reagente que as leituras de alteração de cor foram de -7,8% para o espectro vermelho, -3,5% para o verde e -3,6% para o azul. Portanto, em todas as leituras realizadas no ataque dos outros reagentes, estes devem ser os erros a serem considerados para cada espectro.

Com isso, pode-se afirmar que se verificaram, ao longo do tempo de análise, variações perceptíveis a olho nú, variações mensuráveis de coloração e alteração em níveis microscópicos do mármore Mudador. Para evitar essa alterabilidade da rocha, não é recomendado o contato do mármore com substâncias que possuam ácido clorídrico, ácido cítrico e hipoclorito de sódio, que são reagentes químicos usados na limpeza e manutenção. Este cuidado evitaria ou retardaria o “envelhecimento” da rocha ao longo do uso. Em comparação com os índices físicos de Gross (1998) a rocha demonstrou boa qualidade para seu uso ornamental, podendo ter diversas aplicações, como para revestimento externo e interno, em pisos e paredes e tampos de mesa. Uma utilização não recomendada é em pisos que tenham contato com água, como banheiros e aos redores de piscinas.

9. REFERÊNCIAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira das Indústrias de Rochas Ornamentais. Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2018. Belo Horizonte. 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13818 (Anexo H) Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio: Determinação da resistência ao ataque químico. Rio de Janeiro: 4 p., 1997.

ASTM C503 / C503M-15, Standard Specification for Marble Dimension Stone, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.

BOLONINI & GODOY. Caracterização Tecnológica das Rochas Ornamentais do Maciço Capão Bonito, SP. São Paulo, UNESP, Geociências, v.31, n.2, p. 229-246, 2012.

BORTOLOTTO, Olavo José. Petrografia dos mármore de Caçapava do Sul, RS. Ciência e Natura, Santa Maria, v.9, p. 37-65, 1987.

CHIODI FILHO, Cid & RODRIGUES, Eleno de Paula. Guia de aplicação de rochas em revestimentos. Abirochas, Projeto Bula 2009.

CHIODI FILHO, Cid & RODRIGUES, Eleno de Paula. Qualificação Técnica de Mármore e granitos – Termo de Garantia na Arquitetura e Decoração. Belo Horizonte: LITHOTEC, 1996. 17 p.

COSTA, Antônio Gilberto *et al.* ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO: PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO COM BASE NA CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA. III SRONE. Recife, 2002.

FABRIS, J. Avaliação Qualitativa das Diferentes Variedades de Mármore da Região de Caçapava do Sul Como Materia-Prima Para Produção de Corretivos de Acidez dos Solos e Cal. Universidade Federal do Pampa, 2015.

FRASCÁ, Maria Heloísa Barros de Oliveira. Rocha como Material de Construção. In: ISAIA.G.C. ed. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON, 2007. 2v. v.1 (Parte III, Capítulo 15).

FRAZÃO, Ely Borges & FARJALLAT, José Eduardo Siqueira. Seleção de Pedras para Revestimento e Propriedades Requeridas. Rochas de Qualidade, São Paulo, 1995. n.124, 8 p.

GROSS, Júlio Moretti. Análise Estrutural Aplicada à Lavra de Rocha Ornamental do Mármore Mudador RS, Brasil. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia, UFRGS. Porto Alegre. 1998.

<http://www.cprm.gov.br/> (Banco de dados acessado em: Março/2019).

LOPES, C. G. - Proveniência das rochas metassedimentares detríticas do complexo passo feio – terreno São Gabriel, Caçapava do Sul- RS. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2012.

PHILIPP, R. P. *et al* (2016a) - *Tectonic evolution of the Dom Feliciano belt in Southern Brazil: geological relationships and U–Pb geochronology.*

RIBEIRO, R. C. C. *et al.* - Estudo de Alterabilidade de Rochas Silicáticas para Aplicação Ornamental. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. 48 p. (Série Rochas e Minerais Industriais, 10).

Robert Hirsch (2004). *Exploring Colour Photography: A Complete Guide.* Laurence King Publishing. ISBN 1-85669-420-8.

Sampaio, João Alves. Almeida, Salvador Luiz Matos. Rochas e Minerais Industriais. Capítulo 16, Calcário e Dolomito. CETEM/2008, 2ª Edição

Vidal, F.V.; Azevedo, H.C.A.; Castro, N. F. TECNOLOGIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS: PESQUISA, LAVRA E BENEFICIAMENTO.. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI. ISBN: 987-85– 8261-005-3. p 43 - 97