

# Série Rochas e Minerais Industriais

## **Desenvolvimento de aplicativo para especificadores de rochas ornamentais**

**Bruna Xavier Faitanin**  
**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**  
**Douglas Fiorio Dias**  
**Renato José Avilla Paldês**



# **SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**

**Desenvolvimento de aplicativo para especificadores  
de rochas ornamentais**

## **PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

**Jair Messias Bolsonaro**

Presidente

## **MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES**

**Marcos Cesar Pontes**

Ministro de Estado

**Sergio Freitas de Almeida**

Secretário-Executivo

**Alex Fabiano Ribeiro de Magalhães**

Subsecretário de Unidades Vinculadas

**Vanessa Murta Rezende**

Coordenadora-Geral de Unidades de Pesquisa e Organizações Sociais

## **CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL**

**Silvia Cristina Alves França**

Diretora

**Marusca Santana Custodio**

Coordenadora Substituta de Administração - COADM

**Andréa Camardella de Lima Rizzo**

Coordenadora de Planejamento, Gestão e Inovação - COPGI

**Paulo Fernando Almeida Braga**

Coordenador de Processamento e Tecnologias Minerais - COPTM

**Marisa Nascimento**

Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais - COPMA

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

Coordenador de Rochas Ornamentais - CORON

**Arnaldo Alcover Neto**

Coordenador de Análises Minerais - COAMI

# SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

ISSN 1518-9155

SRMI - 31

## **Desenvolvimento de aplicativo para especificadores de rochas ornamentais**

### **Bruna Xavier Faitanin**

Geóloga pela Universidade Federal do Espírito Santo.  
Pesquisadora Bolsista PCI do CETEM/MCTI.

### **Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

Geólogo, D.Sc. em Geotecnia pela Universidade de São Paulo. Tecnologista Sênior do CETEM/MCTI.

### **Douglas Fiorio Dias**

Engenheiro, especialista em Análise e Projeto de Sistemas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Analista Técnico do CETEM/MCTI.

### **Renato José Avilla Paldês**

Administrador, Arquiteto, Especialista em produção de Rochas Ornamentais pelo Instituto Federal do Espírito Santo. Pesquisador Bolsista PCI do CETEM/MCTI.

**CETEM/MCTI**

2022

# SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

**Luiz Carlos Bertolino**

Editor

## CONSELHO EDITORIAL

Francisco Wilson Holanda Vidal (CETEM), Jurgen Schnellrath (CETEM), Arthur Pinto Chaves (EPUSP), Luis Lopes (Universidade de Evora), Carlos Adolpho Magalhães Baltar (UFPE), Marsis Cabral Junior (IPT).

A Série Rochas e Minerais Industriais publica trabalhos na área minerometalúrgica, com ênfase na aplicação de minerais industriais e de rochas ornamentais. Tem como objetivo principal difundir os resultados das investigações técnico-científicas decorrentes de projetos desenvolvidos no CETEM e em parceria com outras instituições de PD&I.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

**Valéria Cristina de Souza**

Coordenação Editorial

Editoração Eletrônica

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

Revisão

CIP – Catalogação na Publicação

D452

Desenvolvimento de aplicativo para especificadores de rochas ornamentais / Bruna Xavier Faitanin ... [et al.]. – Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2022.

53p. – (Série Rochas e Minerais Industriais; 31).

ISBN 978-65-5919-055-3

1. Rochas ornamentais. 2. Aplicativos. 3. PCA. 4. AHP. 5. Classificação. I. Faitanin, Bruna Xavier. II. Silveira, Leonardo Luiz Lyrio. III. Dias, Douglas Fiorio. IV. Paldês, Renato José Avilla. V. Centro de Tecnologia Mineral. VI. Série.

CDD 553.5

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do CETEM/MCTI  
Bibliotecário(a) Rosana Silva de Oliveira CRB7 - 5849

# SUMÁRIO

RESUMO _____	7
ABSTRACT _____	8
1   INTRODUÇÃO _____	9
1.1   Desabafo de um Arquiteto Apaixonado _____	15
2   OBJETIVO _____	21
3   REVISÃO BIBLIOGRÁFICA _____	22
3.1   Análise de Principais Componentes _____	22
3.2   Método AHP ( <i>Analytic Hierarchy Process</i> ) _____	24
4   MATERIAIS E MÉTODOS _____	25
4.1   Correlação entre as Propriedades Tecnológicas e Ortográficas das Rochas _____	25
4.2   Determinação dos Ensaio Principais para Cada Ambiente de Uso _____	26
4.3   Desenvolvimento do Sistema _____	29
5   RESULTADOS E DISCUSSÕES _____	38
6   CONCLUSÃO _____	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	50

## **RESUMO**

As rochas naturais possuem particularidades distintas e seu comportamento físico-mecânico varia de acordo com as solicitações de uso. A utilização delas como elemento construtivo deve atender a exigências acerca da sua qualidade, que é obtida por meio de ensaios tecnológicos e análise petrográfica. A partir desses resultados é que se tem um direcionamento para a aplicação das mesmas. Com o objetivo de desenvolver um aplicativo para orientar os profissionais especificadores de rochas ornamentais, utilizou-se métodos estatísticos multivariados, bem como, PCA (*Principal Component Analysis*) e AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para tratar os dados e classificar as rochas de acordo com o uso pretendido. Por meio de um algoritmo que verifica quais rochas atenderam aos critérios estabelecidos em norma, foi possível especificar todas as rochas cadastradas no banco de dados e criar um aplicativo para auxiliar a tomada de decisão por partes dos especificadores.

### **Palavras-chave**

Rochas ornamentais, aplicativo, PCA, AHP, classificação.

## **ABSTRACT**

Natural rocks have different characteristics and their physical-mechanical behavior varies according to the use requests. Their use as a constructive element must meet requirements regarding their quality, which is obtained through technological tests and petrographic analysis. Based on this results, it is possible to have a direction for their application. In order to develop an application to guide professionals who specify dimensional stones, multivariate statistical methods were used, as well as PCA (Principal Component Analysis) and AHP (Analytic Hierarchy Process) to treat the data and classify the rocks according to the intended use. Using an algorithm that checks which rocks met the established criteria, it was possible to specify all rocks registered in the database.

### **Keywords**

Dimensional stones, application, PCA, AHP, classification.

## 1 | INTRODUÇÃO

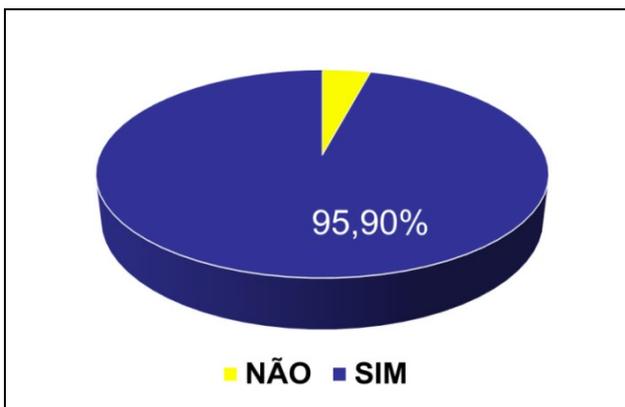
As rochas naturais possuem uma variedade de texturas, estruturas e componentes minerais, e que combinados, caracterizam os mais diversos tipos de materiais, sendo esses amplamente utilizados para ornamentação e revestimento. Como as rochas possuem particularidades distintas, seu comportamento físico-mecânico varia de acordo com as solicitações de cada uso. Sua utilização como elemento construtivo, de revestimento ou para ornamentação deve atender a exigências acerca de sua qualidade, que é obtida por meio de ensaios tecnológicos e análise petrográfica. A partir desses resultados é que se tem um direcionamento para a aplicação das rochas. Tais parâmetros não são traduzidos de forma clara aos profissionais especificadores – arquitetos e designers - visto que grande parte desses profissionais não possuem conhecimentos específicos sobre as propriedades tecnológicas dos materiais rochosos.

Logo, as rochas naturais sofrem certa desvantagem em comparação com os materiais que competem com elas no mercado, como a cerâmica, por exemplo. Esses possuem propriedades tecnológicas definidas no seu processo industrial de fabricação e são feitos de acordo com a demanda de aplicação: para pisos, paredes, bancadas, fachadas, etc. Segundo dados da Abirochas (2019), o consumo de rochas ornamentais no mercado interno atingiu 70,5 milhões de m<sup>2</sup>, enquanto que os revestimentos cerâmicos atingiram, no mesmo ano, a marca de 795,7 milhões de m<sup>2</sup> (ANFACER, 2020).

Buscando mensurar o que realmente os profissionais especificadores conhecem sobre as rochas ornamentais, quais

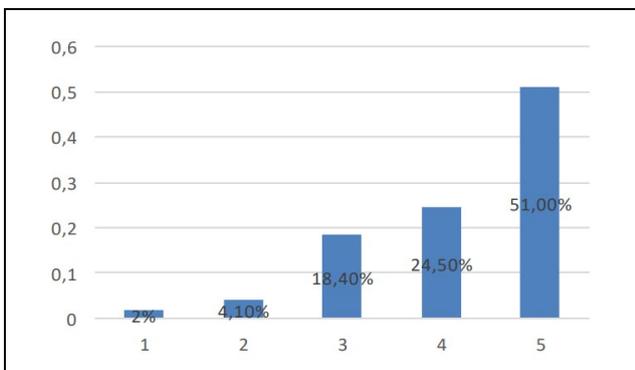
as suas preferências e restrições, realizou-se uma pesquisa com 200 profissionais, os quais responderam a um questionário de 8 perguntas. As Figuras de 1 a 8 mostram o resultado da pesquisa:

1. Já usou rocha ornamental nas suas obras?



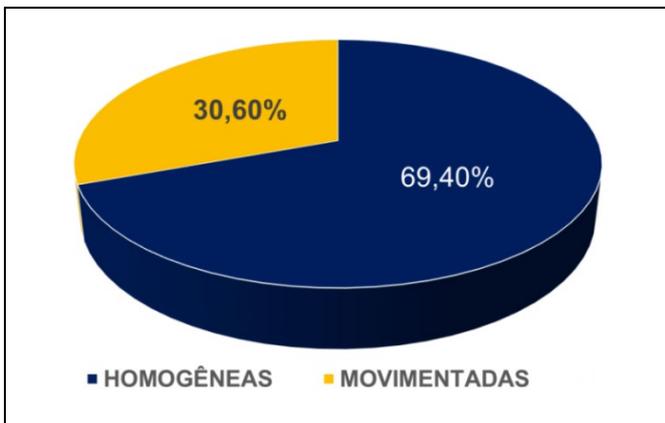
**Figura 1.** Pesquisa sobre rochas ornamentais – pergunta 1.

2. Gosta de usar rochas ornamentais? (de 01 pouco a 05 muito).



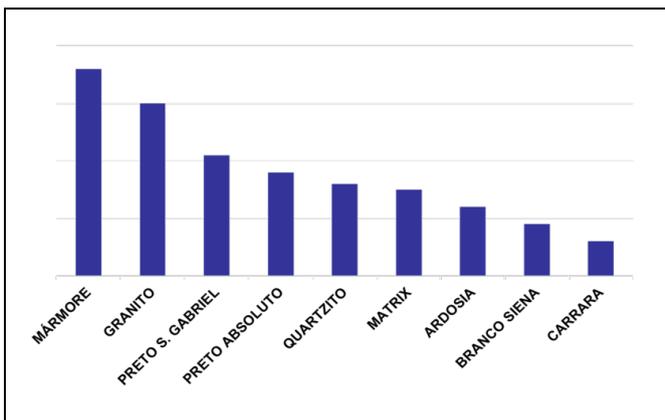
**Figura 2.** Pesquisa sobre rochas ornamentais – pergunta 2.

3. Prefere rochas de cores homogêneas ou materiais movimentados?



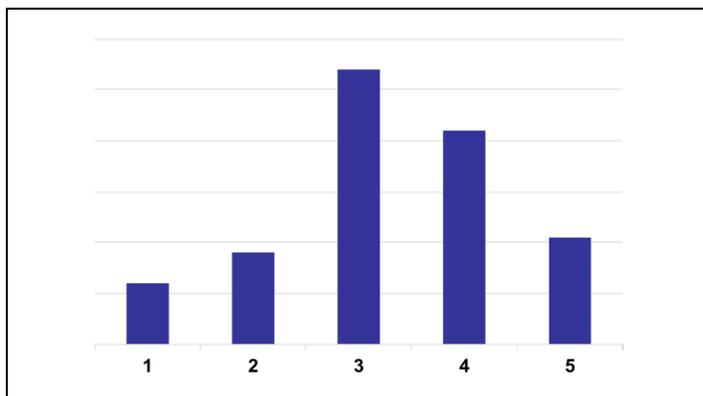
**Figura 3.** Pesquisa sobre rochas ornamentais – pergunta 3.

4. Cite nome de 03 rochas ornamentais que você conhece e gosta.



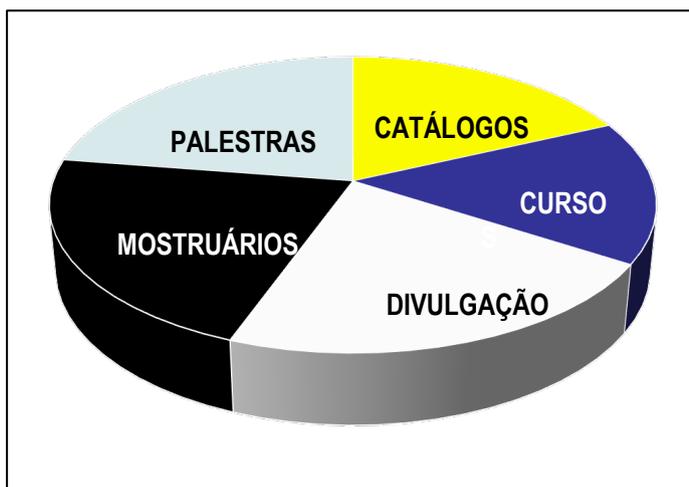
**Figura 4.** Pesquisa sobre rochas ornamentais – pergunta 4.

5. Possui conhecimento para aplicar rochas ornamentais?  
(de 01 pouco a 05 muito).



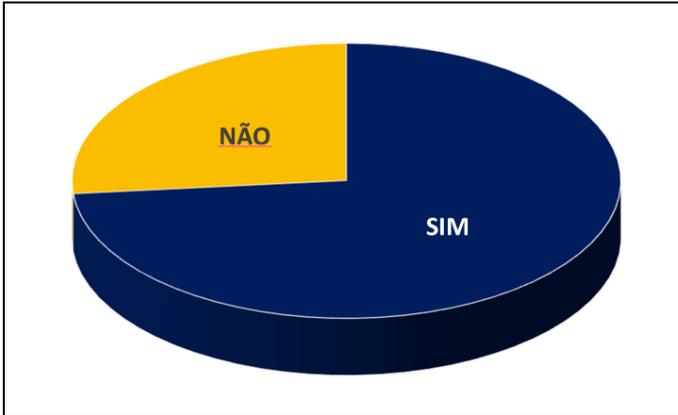
**Figura 5.** Pesquisa sobre rochas ornamentais – pergunta 5.

6. O que deve ser feito para aumentar conhecimento e o uso das rochas ornamentais? (pode marcar mais de uma opção).



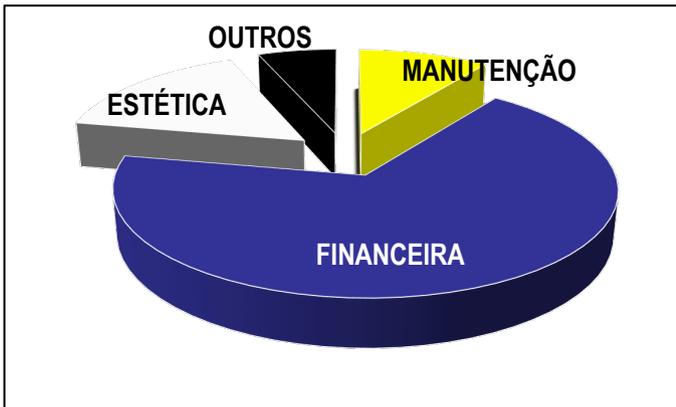
**Figura 6.** Pesquisa sobre rochas ornamentais – pergunta 6.

### 7. Sente-se seguro para especificar rochas ornamentais?



**Figura 7.** Pesquisa sobre rochas ornamentais – pergunta 7.

### 8. Qual restrição de seus clientes ao uso de rochas ornamentais?



**Figura 8.** Pesquisa sobre rochas ornamentais – pergunta 8.

O desconhecimento das rochas ornamentais e suas possibilidades de uso, tem trazido certo desconforto para alguns profissionais que eventualmente pensam em utilizá-las em suas obras.

É inegável que o uso do Mármore e do Granito aumenta o valor agregado nas obras. Porém, o falso axioma imperante entre os consumidores é de que a utilização da rocha ornamental é muito onerosa e que pode ser adquirida por uma pequena parcela dos compradores.

De acordo com o Arquiteto Renato Paldês, *“Preço por preço existem materiais para todos os bolsos e gostos. Lógico que materiais mais raros e com baixo volume de extração, venham a custar mais caro. Entretanto existem materiais maravilhosos, disponíveis no mercado que custam muito mais barato do que muita cerâmica. Então a regra é simples: procure perguntar e saber exatamente quanto custa e se mesmo que custe um pouquinho mais caro, o quanto o uso delas vai acrescentar ao valor da sua obra. Acreditem, há materiais muito bons e baratos. Já às vezes somos impelidos ao uso de determinados materiais que são na verdade produtos de uma moda momentânea. Quantas vezes meses após aplicar determinado revestimento, nos arrependemos e nos “cansamos” dele? Assim, materiais seculares de grande e rara beleza estão completamente imunes ao modismo. Não se tem notícias que usuários do Metrô de Moscou (conhecido como Palácio do Povo), com suas colunas e pisos em mármore, pensem assim. Não há e não houve moda nessa utilização. Apenas um enorme luxo e bom gosto”*.

## 1.1 | Desabafo de um Arquiteto Apaixonado

*“Ainda quando estudante de Arquitetura, escutei de um professor na faculdade: “Granito é coisa para gente rica”. Eram tempos em que as rochas ornamentais eram inatingíveis para a grande maioria das pessoas. O destino me trouxe para morar em Cachoeiro de Itapemirim – um dos maiores produtores do mundo – há mais de 40 anos, que ironia! Quando o setor ainda era incipiente, acabei crescendo e aprendendo junto com ele. Num tempo em que não tínhamos qualidade para exportar sequer uma chapa, por falta de equipamentos de corte com qualidade. Numa época onde só conseguíamos exportar blocos, pois nossas chapas possuíam não dois centímetros, mas medidas aproximadas a isso. Onde ainda se movimentava um bloco com “pau-de-carga” e ponte-rolante era impensável. Onde as polideiras eram manuais, como enceradeiras gigantes, e não automáticas com a incrível produção que possuem hoje. Assim, acabei “crescendo” e aprendendo os conhecimentos das rochas, por ter aprendido juntamente com amigos produtores que também engatinhavam no setor. Conheci um setor que recém crescia e por sorte, cresci com ele.*

*Nada supera a aparência das rochas ornamentais. Sua aparência natural é totalmente insubstituível. Eu, particularmente não gosto de fórmica que imita madeira, de cerâmicas que imitam pedras ou de qualquer material que imite outro. Ou é madeira, ou é fórmica ou é rocha. Fico desanimado com clientes que compram cerâmicas que imitam – ou tentam imitar – granitos de qualidade. A aparência natural das rochas agrega um valor excepcional aos ambientes. Afinal é um produto inimitável que a natureza levou séculos para formar!*

*Não dá para acreditar que pessoas paguem quantias absurdas por um porcelanato – produto em série – quando existem granitos disponíveis, por valores bem menores.*

*Há falta de uma bula técnica dos inúmeros materiais existentes no mercado. Poucos arquitetos sabem qual material é abrasivo ao alto tráfego, qual é absorvente e poroso e, portanto inadequado para pias e locais com gorduras. Apenas a experiência adquirida por poucos ainda orienta o uso do granito de forma correta. Esse conhecimento deveria estar sendo disseminado nas faculdades de Arquitetura de todo o país. Há anos divulgo a ideia que os novos profissionais deviam estar sendo preparados no conhecimento das rochas ornamentais, para se tornarem seus maiores especificadores. Hoje, meu escritório presta assessoria a inúmeros outros de todo o Brasil e outros poucos fazem o mesmo. Mas perguntem aos nossos colegas arquitetos dos grandes centros, qual o tamanho de uma chapa? Até que tamanho é possível fazer uma bancada? Precisamos ter poucos que conheçam? Não, precisamos de muitos que saibam especificar e assentar as rochas ornamentais.*

*Não existe rocha feia. Existe rocha mal aplicada, esse é o mote de sempre e o mais verdadeiro possível. Tenho desenvolvido há anos um trabalho que procura utilizar os resíduos do processo industrial e com ele tenho participado de inúmeros Congressos e tendo inclusive ministrado um curso de Rochas Ornamentais para Pós-Graduação na Universidade Federal de Pernambuco, em Geologia, onde passamos a experiência adquirida no setor e suas formas de assentamento (que ainda não são normatizadas).*

*Particularmente eu prefiro as rochas que chamo “com cara de pedra” onde elas têm texturas diferenciadas e agregam assim uma aparência inigualável. As muito regulares parecem outros materiais. E eu não gosto do que “parece”...*

*O setor cerâmico possui catálogos belíssimos, distribuídos nas lojas, comércios e principalmente nas faculdades. Fazem propaganda maciça de divulgação em revistas, jornais e outras publicações e ainda criaram o PEI (Porcelain Enamel Institute) que é a sigla que representa o nome do instituto que regulamentou as normas para a classificação da resistência à abrasão superficial. Todos sabem qual cerâmica é para piso, para banheiro ou para alto tráfego. Pois então, todos sabem qual é o granito ou o mármore para os mesmos usos? Infelizmente não...*

*Mas se as entidades do setor investirem maciçamente preparando os novos arquitetos com cursos, mostruários e catálogos, no futuro não apenas poucos conhecerão, utilizarão e valorizarão as rochas, mas todos.*

*A grande variedade de materiais e de novas tecnologias de corte e polimento estão aumentando as possibilidades e os usos das rochas ornamentais no mercado. No passado, uma bancada não tinha o topo bem acabado e seu polimento com pouco tempo já não era o mesmo. Hoje, novos procedimentos e técnicas fazem os materiais serem insubstituíveis e com apresentação impecável. Hoje maquinários de alta tecnologia, permitem que a imaginação seja o limite. E nós arquitetos adoramos desafios às nossas imaginações.*

*Desde a faculdade, nós Arquitetos nunca fomos formalmente apresentados às Rochas Ornamentais. Não fomos e jamais seremos, pois verificando as grades de matérias dos atuais Cursos de Arquitetura, descubro que vários deles destinam algumas poucas e insuficientes horas para o estudo de materiais de construção. Outros alongam um pouco mais, tratando de Recursos Naturais, mas eu nem sei se o enfoque é esse ou se destina à relação do Homem com o Ambiente, (vamos combinar que sou formado em outro século, não tenho como saber!). O fato é que destina-se muito pouco tempo para se ensinar tanto que existe a aprender. E convenhamos, qualquer profissional, mesmo que não saiba a diferença entre rochas ígneas e metamórficas, nunca deixará de ficar extasiado diante dessas magníficas obras primas seculares, únicas, absolutas e criadas pela natureza.*

*Mantemos uma relação íntima com as pedras desde a pré-história. Construímos artefatos, armas e ainda nossas primeiras moradias foram as cavernas. E mesmo sem uma análise história aprofundada da sua utilização, sabemos que as grandes construções, os castelos e palácios, as igrejas e templos transformaram o uso dos granitos e mármore como sinônimos de requinte e de extremo bom gosto. Sempre me encantaram as obras feitas desses materiais, desde as colunas gregas ou romanas, as escadarias, a estatuária e seus usos como revestimento. E também sempre me perguntei se Michelangelo, diante da grandiosidade da estátua de Moisés e encantado com o perfeito resultado dela, ao bater com o martelo na escultura gritando: - “Parla”, se ele se queria que Moisés falasse ou se o mármore, onde foi entalhada.*

*A beleza das Rochas é tão grande, que a indústria cerâmica não cansa de reproduzir suas texturas, veios e matizes. Nada contra, apesar de pessoalmente detestar qualquer tipo de cópia. Prefiro sempre os originais e acho que usar cerâmica imitando um granito, é como usar um Rolex falsificado... Não tem, nem agrega nenhum valor.*

*Vim parar no maior polo industrial das rochas ornamentais, Cachoeiro de Itapemirim, e por querer aprender mais, alguns acharam que eu era pesquisador. Outros, que eu fosse um estudioso ou um técnico. Se enganaram todos. Sou apenas um arquiteto apaixonado por elas. E dedico parte de meu tempo a poder mostrar aos meus colegas todas as possibilidades de usos das rochas.*

*Rochas Ornamentais existem de todos os tipos e cores, com preços disponíveis para todos os bolsos e padrões. E que ainda custam em inúmeras vezes, muito mais barato que uma cerâmica que se propõem a imitar “cimento queimado”! Durma-se com isso!*

*Com as novas tecnologias de beneficiamento e acabamento, podemos garantir que é possível cortar e modelar as rochas ornamentais tais quais um arquiteto está acostumado a fazer com a madeira. Ou seja: a nossa imaginação e criação é o nosso limite.*

*A iniciativa da Abirochas tenta mostrar aos profissionais essas possibilidades. Tornar essa cadeia produtiva mais acessível e permitir o uso da Rochas Ornamentais agregando o desejo, o requinte e o bom gosto definitivamente em nossas obras.*

*Não tenho a competência dos pesquisadores que são meus pares, mas tenho, como eles, a paixão pelo material. E é através dessa paixão que acredito que nós não devemos ter receio das Rochas Ornamentais. E digo ao meu caro colega Arquiteto: “Não tenha medo de USAR nem de OUSAR. O material nos permite.” (ABIROCHAS – ACADEMIA ROCHAS DT 11, Arquiteto Renato Paldês – FAUSS/1980).*

## **2 | OBJETIVO**

Este trabalho tem por objetivo realizar estudos de correlação entre as propriedades tecnológicas e petrográficas das rochas ornamentais brasileiras e classificá-las de acordo com o uso pretendido, afim de se obter um material que seja orientativo/instrutivo para profissionais especificadores. Além disso, visa demonstrar um aplicativo desenvolvido para orientação técnicas de tais profissionais.

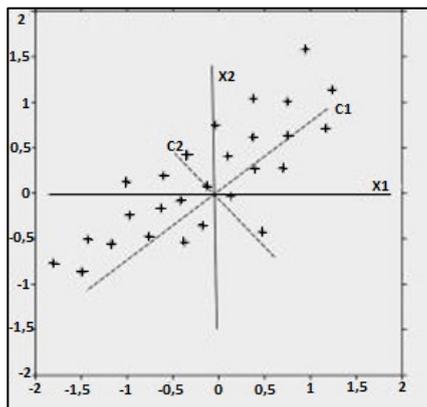
## 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 | Análise de Principais Componentes

A Análise de Principais Componentes (APC) é uma técnica matemática de análise multivariada para analisar inter-relações quando se trabalha com muitas variáveis. Esse método possibilita reduzir um grande número de variáveis de um conjunto original criando novas variáveis, chamadas de componentes principais ou eixos principais e ordenar os dados em um gráfico bidimensional (GOTELLI e ELLISON, 2011). Geralmente o número de eixos/componentes principais é igual ao número de variáveis, sendo que as duas primeiras componentes (C1 e C2) são as mais importantes, pois a primeira explica a maioria da variância envolvida nos dados, a segunda explica a segunda maior quantidade de variância e assim por diante. Em um gráfico bidimensional, a C1 é representada pelo eixo x e a C2 é representada pelo eixo y.

Essa transformação ocorre com a menor perda de informação possível e elimina algumas variáveis originais que possuem dados irrelevantes. A redução de variáveis só é possível se as variáveis iniciais não forem independentes e possuírem coeficientes de correlação não-nulos. A redução de dimensionalidade é chamada de transformação de *Karhunen-Loève* ou Análise de Componentes Principais. Essa técnica permite o agrupamento de indivíduos similares, onde são agrupados de acordo com a variação de suas características, ou seja, de acordo com suas variâncias. A análise baseia-se na matriz de variância-covariância ou na matriz de correlação, de onde são extraídos os autovalores e os auto vetores (VICINI, 2005).

Para calcular as componentes principais, inicialmente determina-se a matriz de variância-covariância ( $\Sigma$ ) ou a matriz de correlação (R), os autovalores e auto vetores e por fim, são definidas as combinações lineares, que serão as novas variáveis, denominadas de componentes principais. O comprimento de um auto vetor representando uma variável está diretamente relacionado à sua variância. Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais (REGAZZI, 2000), são independentes entre si e estimadas com o propósito de reter o máximo de informação em termos da variação total contida nos dados (VICINI, op. cit.). A componente principal (C1) é o arranjo que melhor representa a distribuição dos dados e a componente secundária (C2) é perpendicular a componente principal, como é exemplificado na Figura 9. O auto vetor com o maior autovalor associado, corresponde à componente principal do conjunto de dados.



Fonte: Departamento de Geologia Aplicada Unesp (2002).

**Figura 9.** Gráfico representando as componentes principais de uma APC.

O coeficiente de correlação entre as variáveis é dado pelo cosseno do ângulo formado entre o auto vetor e o eixo principal. Quanto mais próximos estiverem os vetores, mais correlacionados eles estão. Ângulos de aproximadamente  $0^\circ$  significam variáveis altamente correlacionadas (correlação positiva), ângulos de  $90^\circ$  significam que as variáveis não se correlacionam e ângulos de aproximadamente  $180^\circ$  significam alta correlação negativa entre as variáveis. (FIGUEIREDO FILHO e SILVA JÚNIOR, 2009).

### **3.2 | Método AHP (*Analytic Hierarchy Process*)**

O método AHP, em português, Processo de Análise Hierárquica, é uma ferramenta de apoio a tomadas de decisões complexas, desenvolvida por Thomas L. Saaty no início dos anos 70, que auxilia na determinação de prioridades e torna a decisão racional e não intuitiva, quando se trabalha com múltiplos critérios. Baseia-se em quatro etapas: estruturação hierárquica; comparação paritária dos critérios; determinação da razão de consistência e síntese das prioridades. A estruturação hierárquica é segmentada em três níveis: objetivo do problema, critérios e alternativas. Segundo Saaty (1991) apud Silva (2007), para definir os componentes de cada nível, deve-se sempre tentar responder se é possível comparar os elementos de um nível abaixo usando os elementos do próximo nível superior como critérios dos elementos do nível inferior.

## 4 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desse trabalho foram realizadas as seguintes etapas: levantamento de dados, correlação entre as propriedades tecnológicas e petrográficas das rochas, determinação dos ensaios principais para cada ambiente de uso e classificação das rochas. Os resultados de ensaios tecnológicos e análises petrográficas foram obtidos por meio do Atlas de Rochas Ornamentais do Espírito Santo (CPRM, 2013) e relatórios de ensaios fornecidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e foram compilados em um banco de dados, totalizando 201 rochas.

### 4.1 | Correlação entre as Propriedades Tecnológicas e Petrográficas das Rochas

Para obtenção da correlação entre as propriedades tecnológicas e petrográficas das rochas utilizou-se o *software Past 3.0* e as características: massa específica aparente (ME), absorção d'água (AB), desgaste abrasivo *Amsler* (DE) dilatação térmica (DT), compressão uniaxial (CO), resistência ao impacto de corpo duro (IM), resistência à tração na flexão (FL3), resistência à flexão por carregamento em quatro pontos (FL4), granulação fina, média e grossa, grau de micro fissuramento baixo, médio e alto, grau de alteração baixo, médio e alto, estrutura maciça e anisotrópica e mineralogia.

Inicialmente realizou-se uma conversão dos dados qualitativos das características petrográficas em quantitativos. Atribuiu-se valores binários aos dados, sendo "1" correspondente à característica que a rocha possui e "0" a que não possui. Posteriormente, os dados foram inseridos no *software* e então

submetidos à Análise de Principais Componentes. Para esse trabalho utilizou-se a matriz de correlação, logo não foi necessário padronizar os dados.

## **4.2 | Determinação dos Ensaio Principais para cada Ambiente de Uso**

Para essa etapa utilizou-se uma ferramenta disponível na web, chamada AHP Online System - AHP-OS, a qual realizou todos os cálculos referentes ao método. Determinaram-se os ensaios tecnológicos e características petrográficas, a saber: Massa específica aparente (ME), Absorção d'água (AB), Desgaste Abrasivo Amsler (DE) Dilatação Térmica (DT), Compressão Uniaxial (CO), Resistência ao Impacto de Corpo Duro (IM), Resistência à Tração na Flexão (FL3), Resistência à Flexão por carregamento em quatro pontos (FL4) e Granulação, Grau de micro fissuramento, Grau de alteração, Estrutura, Mineralogia, Porcentagem de quartzo, Porcentagem de feldspatos e Porcentagem de calcita/dolomita.

Para determinação dos parâmetros para qualificação das rochas foram utilizados os parâmetros de referência sugeridos nos documentos técnicos “As Rochas Ornamentais e de Revestimento” (CHIODI FILHO e CHIODI, 2019), “Orientações para Especificação de Rochas Ornamentais” (FRASCÁ, et. al., 2019), no Guia de Aplicação de Rochas em Revestimentos – Projeto Bula (CHIODI FILHO e RODRIGUES, 2009) e as respectivas normas ABNT NBR de cada ensaio. Os ambientes de uso estabelecidos foram: pisos residenciais e comerciais, com molhagem eventual e frequente; pisos elevados residenciais e comerciais, com molhagem eventual e frequente;

paredes, com molhagem eventual e frequente; fachadas convencionais; fachadas ventiladas e pias/bancadas.

A classificação foi concebida em três etapas:

1ª Etapa: Estruturação do problema:

Visto que nem todas as rochas cadastradas no banco de dados possuem todos os resultados de ensaio, o que acaba dificultando a classificação das mesmas e que, em cada ambiente de uso as solicitações as quais as rochas são submetidas variam, optou-se por estabelecer os ensaios mais importantes (ensaios principais) para cada ambiente de uso. Para a hierarquização do problema analisou-se os elementos envolvidos: rochas, ambientes de uso, ensaios tecnológicos e características petrográficas e foi estabelecido que por se tratar de um grande número de rochas, tornando inviável a utilização delas como alternativas, a estruturação hierárquica consistiria somente de dois níveis, critérios e subcritérios, e posteriormente seria realizado o processo de priorização dos mesmos. Como não é coerente realizar comparações paritárias entre ambientes de uso para o objetivo deste trabalho, não foram colocados todos em uma mesma hierarquia, realizando-se o processo de priorização dos critérios para cada ambiente de uso separadamente.

2ª Etapa: Determinação dos critérios e atribuição de pesos nas matrizes de decisão/julgamento:

Os critérios estabelecidos foram os ensaios tecnológicos e os subcritérios, as características petrográficas. Partiu-se então para as matrizes de julgamento, onde foram realizadas comparações par a par entre os critérios e subcritérios,

atribuindo pesos baseados na Escala Fundamental proposta por Saaty (1991) apud Silva (2007) (Tabela 1), quanto à importância. Os valores de importância escolhidos foram baseados nas correlações das propriedades estabelecidas no item 4.2 e por meio de conhecimentos específicos sobre o assunto.

**Tabela 1.** Escala Fundamental.

Valores	Julgamento
1	Mesma importância
3	Importância pequena
5	Importância grande ou essencial
7	Importância muito grande ou essencial
9	Importância absoluta
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes

Fonte: Modificado de Silva (2007).

Após as comparações par a par dos critérios, avaliou-se a consistência dos julgamentos das matrizes por meio da razão de consistência (RC), que é dada pela fórmula (ALVES, 2015):

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

onde,

IC (Índice de consistência) =  $(\lambda_{\text{máx}} - n)/(n-1)$  : Avalia o quanto o maior autovalor da matriz se afasta da ordem da matriz;

$\lambda_{\text{máx}}$ : é o maior autovalor da matriz de julgamentos;

n: ordem da matriz;

IR (Índice de Consistência Randômico): considera um erro aleatório, relacionado com a ordem da matriz. Saaty estabeleceu esses índices para uma matriz recíproca de ordem  $n$ , com elementos não-negativos e gerada randomicamente.

Segundo Alves (2015), a RC deve ser menor ou igual a 10% quando a quantidade de critérios ( $n$ ) é maior que 4; menor que 9%, quando  $n$  é igual a 4; menor que 5%, para  $n$  igual a 3 e igual a zero, quando  $n = 2$ . Em alguns casos, a razão de consistência da matriz foi maior que 10%, indicando inconsistência nos julgamentos, então os pesos atribuídos foram revistos e alterados até se obter uma RC aceitável.

### 4.3 | Desenvolvimento do Sistema

Para o desenvolvimento do sistema de Indicação de Rochas Ornamentais foram utilizados conceitos da **Metodologia Ágil de Desenvolvimento de Software**. Esta abordagem pressupõe a existência de alguns papéis, cada um desempenhando um função no processo de desenvolvimento, a saber:

- **Scrum Master** – Responsável por liderar a equipe do projeto. Ele prepara as reuniões, acompanha as demandas do solicitante, interage com os desenvolvedores e mantém a equipe engajada no projeto.
- **Product Owner (PO)** – É o integrante do time que conhece do negócio, entende as demandas e dialoga com a equipe de desenvolvimento.

**Desenvolvedor** – Integrante da área de tecnologia que desenvolverá o sistema.

Todas as demandas do cliente, elencadas pelo PO e discutidas pelo time, são inseridas no **Backlog do Produto**, um repositório de necessidades de negócio. Elas são ordenadas pela relevância.

Após a definição das demandas, são definidas as **sprints**, intervalos de tempo em que um conjunto de demandas será desenvolvido, testado, homologado e colocado em produção.

A equipe de desenvolvimento deve avaliar as demandas e definir quais delas entrarão nas *sprints*, de forma que os prazos sejam respeitados. De uma forma geral, sprints têm duração de duas ou três semanas.

No fim de uma *sprint*, é feita a reunião de encerramento, na qual é apresentado o entregável, a parte do sistema desenvolvida na *sprint*. Também faz parte dessa reunião a revisão da *sprint* e a homologação das entregas (feita pelo PO). Além disso, já são definidas as demandas da próxima *sprint*, e assim sucessivamente, até a conclusão do sistema.

#### 4.3.1 | Entendimento inicial

A demanda do cliente é o desenvolvimento de um aplicativo que indique, de forma simples, **Rochas Ornamentais** para um determinado ambiente de uso. Para isso, são utilizados estudos técnicos com registros de ensaios tecnológicos de diversas rochas, e essas informações são confrontadas com parâmetros de aceitação para os ambientes. Esse cruzamento de informações chega, ao fim, nas rochas indicadas para cada ambiente.

Não há nenhuma restrição tecnológica, tanto quanto à linguagem de programação, quanto à infraestrutura, nem em nenhum outro aspecto de TI. O que se espera é ter essa informação disponível em um aplicativo.

#### 4.3.2 | Análise e projeto da solução

Considerando as informações coletadas inicialmente, as seguintes ações foram definidas pela equipe do projeto:

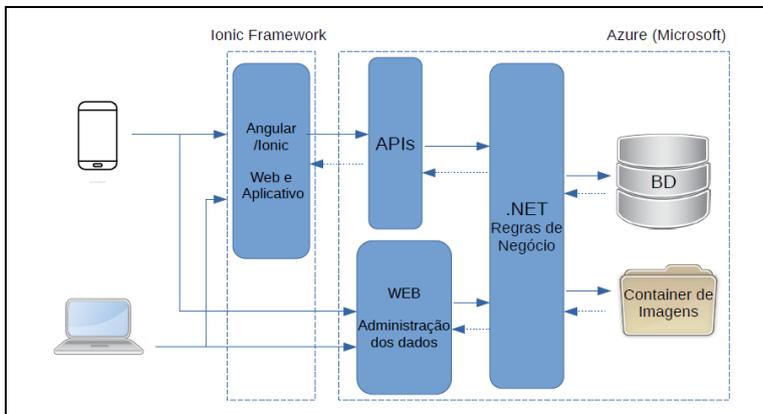
- Desenvolver um sistema *web* para administrar os dados das rochas, como dados de ensaio, fotos, dados dos ambientes, os critérios de aceitação etc.;
- Desenvolver um aplicativo para apresentar essas informações, tanto em um formato de site, quanto em um formato de aplicativo para celular;
- Desenvolver uma API (*Application programming interface*) para fornecer os dados que serão acessados pelo aplicativo;

Essas soluções estarão todas hospedadas em ambiente de *cloud* (nuvem), para testes e homologação. Este ambiente será mais detalhado adiante.

#### 4.3.3 | Desenvolvimento

O desenvolvimento dos sistemas mencionados anteriormente precisa de uma série de ferramentas e de componentes de *software*. Considerando o perfil técnico da equipe de desenvolvimento, a forma mais eficaz para se obter os produtos de *software* acima foi utilizar tecnologias *open-source* combinadas com soluções proprietárias que eram de

conhecimento da equipe. Os ambientes de teste para validação/homologação dos usuários foram configurados em *cloud*. A Figura 10 ilustra a arquitetura envolvendo os três sistemas:



Fonte: Autores.

**Figura 10.** Arquitetura dos sistemas.

Cada um dos itens apresentados na figura será detalhado a seguir:

#### 4.3.3.1 | *Linguagem do sistema de gerenciamento de rochas*

O Sistema de Gerenciamento de Rochas foi desenvolvido utilizando a linguagem **NET Core**, versão 2.1. O modelo de desenvolvimento é o **MVC – Model – View – Controller**. A visualização é baseada em **bootstrap**, responsiva, ou seja, o sistema pode ser acessado tanto em um computador quanto em um tablet ou celular.

#### 4.3.3.2 | *Linguagem da API*

A API, que é a interface entre o aplicativo e o Sistema de Gerenciamento de Rochas, foi desenvolvida utilizando a linguagem **.NET Core**, versão 2.1. Ela não possui uma camada de visualização, sendo acessada apenas pelo aplicativo, programaticamente.

#### 4.3.3.3 | *Banco de dados (BD)*

O Banco de dados utilizado é o **SQL Server**, banco proprietário Microsoft, o qual possui versões gratuitas como o **SQL Server Express**.

#### 4.3.3.4 | *Linguagem do Front End – Aplicativo*

O aplicativo foi desenvolvido utilizando a linguagem de *front-end* **Angular**, com o *framework* **ionic**. Este *framework* auxilia no desenvolvimento de aplicativos que são, ao mesmo tempo, preparados para acesso pela *Web*, *tablet*, celular, tanto para *Android* quanto para *IoS (Apple)* e também podem ser publicados nas lojas de aplicativos como *Apple Store/Google Play*. Tanto o Angular como o *ionic* são *open-source*, de uso livre, embora o *framework ionic* possua funcionalidades avançadas, as quais são pagas. De qualquer forma, todo o desenvolvimento do aplicativo utilizou apenas utilitários gratuitos do *ionic*.

#### 4.3.3.5 | *Container de imagens*

Para que o banco de dados não cresça de forma abrupta, e para uma melhor dinâmica de acesso pelo aplicativo, definiu-se que as imagens das rochas seriam armazenadas em um diretório, separadas do banco de dados. Essa abordagem se

mostrou muito eficaz, sobretudo para o acesso às imagens através do aplicativo. Se o armazenamento fosse todo em banco, ficaria mais complexo disponibilizar as imagens das rochas para o usuário final.

Este diretório, assim como o restante dos sistemas, está na nuvem. Neste caso específico, na nuvem *Azure*.

#### 4.3.3.6 | *Segurança*

O desenvolvimento dos sistemas considerou boas práticas de segurança, tais como:

- Não exibição de chaves de acesso, logins e senhas de banco de dados;
- Utilização de variáveis de ambiente para armazenar chaves de desenvolvimento;
- Utilização de variáveis em ambiente de nuvem;
- Acesso apenas de leitura para os arquivos de imagem no repositório;
- API com métodos GET (apenas leitura);
- Entre outros.

#### 4.3.3.7 | *IDE*

As IDEs de desenvolvimento utilizadas foram o *Visual Studio* e o *Visual Studio Code (VSCode)*. O *VSCode* é gratuito. O *Visual Studio* possui a versão *Community*, gratuita.

#### 4.3.3.8 | *Testes*

Os testes foram realizados de forma local, pela equipe de

desenvolvimento, e em seguida pelo PO, em ambiente de homologação em Cloud. Não foi utilizada metodologia de testes.

#### 4.3.3.9 | Implantação

Para implantação dos sistemas, nenhum servidor local (*on-premise*) foi utilizado. Toda a infraestrutura foi criada em *Cloud*. Isso foi feito pois as nuvens públicas atuais permitem instalações iniciais, para teste, a custos muito baixos ou até mesmo com custo zero, por um determinado período. Além disso, elas fornecem ambientes extremamente confiáveis e seguros, com alta disponibilidade, sem necessidade de configurações complexas de servidor, atualizações, pacotes etc.

A Figura 11 mostra um comparativo entre alguns modelos de infraestrutura de TI:



Fonte: Autores.

**Figura 11.** Quadro de responsabilidades.

As nuvens públicas operam a partir da terceira coluna (*PaaS – Plataforma as a Service e SaaS – Software as a Service*). Ao utilizar esse tipo de ambiente, o desenvolvedor pode focar na administração dos dados e do sistema, deixando a responsabilidade pelos servidores, licenças, atualizações, hospedagem, energia etc. a cargo do fornecedor de *cloud*.

Observação 1: Embora essas nuvens sejam chamadas de nuvens públicas, os dados de cada cliente são privados e acessíveis apenas por ele. Ela é chamada de pública pois é acessível a qualquer um que queira contratar o serviço de *cloud*, diferente de uma *cloud* privada, que pertence apenas a uma empresa ou instituição.

Observação 2: Os ambientes criados em nuvem foram todos feitos em camadas gratuitas ou de teste. Nenhum deles está preparado para ser utilizado em produção, devendo o cliente dos sistemas realizar as contratações necessárias para que o aplicativo opere em produção.

### *Escolha do ambiente em nuvem*

Devido às características de cada aplicação, os ambientes escolhidos para implantação para testes e homologação foram:

- Sistema de Gerenciamento de Rochas: *Azure*;
- Banco de dados *SQL Server*: *Azure*;
- *API*: *Azure*;
- Container de Imagens: *Azure*;
- Aplicativo: *Firebase* (com *Google Cloud*).

#### 4.3.3.10 | *Versionamento de código*

Todo o código dos sistemas está versionado e atualizado no *GitHub*.

#### 4.3.3.11 | *Processo de deploy*

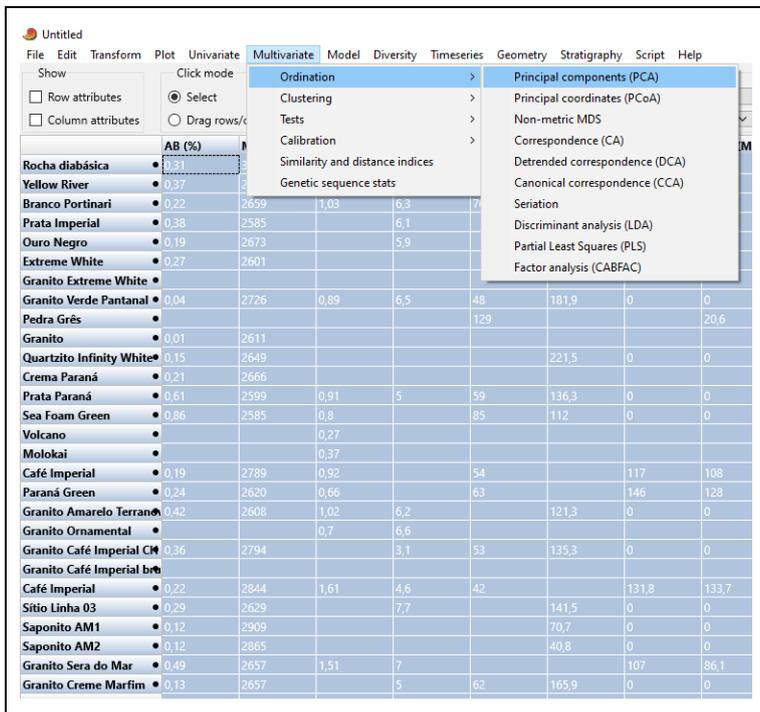
Até o momento, o *deploy* (implantação dos sistemas), está sendo feito via:

- *Visual Studio*, de onde se publicam o sistema de Gerenciamento de Rochas e a API diretamente na nuvem *Azure*;
- *VS Code*, de onde é realizado o *deploy* do aplicativo diretamente no *Firebase*.

O *Ionic Framework* também foi configurado para realizar *builds* e *deploys* do aplicativo, a partir de integração com o *GitHub*. No *Ionic*, é possível visualizar o aplicativo em diferentes formatos, o que ajuda a verificar a compatibilidade de várias plataformas.

## 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

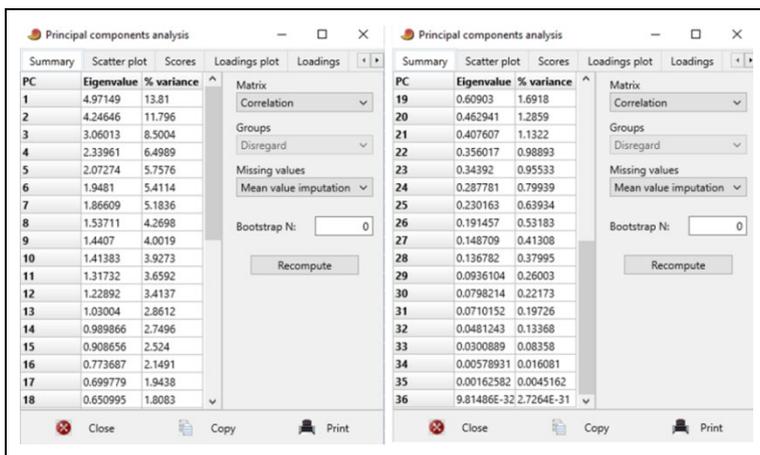
Após inseridos no *software*, os dados foram selecionados e submetidos à Análise de Principais Componentes (Figura 12). As células em branco representam resultados não disponíveis.



Fonte: Autores.

**Figura 12.** Seleção da técnica de análise multivariada PCA.

Foram geradas 36 componentes principais (Figura 13), que correspondem às 36 variáveis em questão (características tecnológicas e petrográficas).



Fonte: Autores.

**Figura 13.** Sumário da PCA.

A aba *loadings* (Figura 14) demonstra o peso das novas variáveis em cada componente principal (PC). Para cada PC, os maiores valores indicam as variáveis mais representativas. Analisando os dados constata-se que os elementos mais representativos associados à PC1 são: Absorção d'água (AB), % de feldspato potássico (K-felds), % de biotita (BT), material de alteração (MAT. ALT.), grau de micro fissuramento moderado (Microf\_médio), grau de micro fissuramento alto (Microf\_alto), grau de alteração alto (ALT\_alta), grau de alteração moderado (ALT\_média) e granulação grossa (G\_grossa). Para a PC2 estão associados os seguintes elementos: Dilatação Térmica (DT), Compressão Uniaxial (CO), Tração na Flexão (FL3), Impacto de Corpo Duro (IM), % de quartzo (Qtz), % de muscovita (MUSC), granulação fina (G\_fina), grau de micro fissuramento baixo (Microf\_baixo) e grau de alteração baixo (ALT\_baixa) e assim por diante.

Principal components analysis

Summary	Scatter plot	Scores	Loadings plot	Loadings	Scree plot			
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8
AB (%)	0.15346	-0.044789	-0.30024	0.14767	0.045452	0.28854	-0.086249	0.032622
ME (Kg/m3)	0.10968	0.12192	0.31844	-0.05454	0.12091	-0.18414	-0.26359	-0.20177
DE (mm/1000)	0.22666	0.21066	-0.09297	-0.17356	0.15154	0.019808	-0.14965	-0.0075732
DT(10 <sup>-3</sup> mm)	-0.30934	0.088244	0.10238	0.11771	-0.02479	0.019697	0.054658	-0.0076434
IM (cm)	-0.072084	-0.0094863	-0.039101	-0.015973	0.12265	0.37032	0.044574	-0.072551
CO (Mpa)	-0.13379	0.13269	0.12013	-0.021898	-0.098777	-0.29705	0.13535	-0.012057
CO_↓ (Mpa)	0.24104	0.24857	0.13505	0.16647	-0.092955	0.065644	0.083675	0.23433
CO_// (Mpa)	0.24055	0.25533	0.14185	0.14658	-0.079266	0.060275	0.064895	0.23143
FL3 (Mpa)	-0.15498	0.085047	0.18834	0.21527	0.02208	-0.088158	-0.052274	-0.12433
FL3_↓ (Mpa)	0.09967	0.21367	0.10561	0.11013	0.065286	0.093303	0.42052	-0.082421
FL3_// (Mpa)	0.040824	0.2831	-0.058042	0.041382	0.11005	0.1894	0.35124	-0.14069
G. fina	-0.10126	0.070864	0.22683	-0.12431	-0.17131	0.19206	0.01229	-0.1029
G. media	0.088635	-0.030081	-0.20406	-0.091182	-0.0073554	0.034954	-0.19199	0.27048
G. grossa	0.082184	-0.28334	-0.08581	0.14288	-0.14481	-0.04923	-0.046195	-0.052578
Microf. baixo	-0.24282	0.16999	0.015641	0.035535	0.092783	0.29101	0.12167	0.072471
Microf. médio	0.24065	-0.079513	-0.013706	0.10275	-0.066393	0.0055719	-0.23208	-0.32454
Microf. alto	0.13824	-0.13239	0.026583	-0.036037	0.081817	-0.21969	0.10174	0.33293
M. inter. pre-e	-0.043431	-0.15576	-0.050038	-0.0053327	0.26886	-0.14898	0.19571	0.21362
M. inter. vazia	0.013852	-0.10145	-0.078855	0.33185	-0.026757	-0.17049	0.12072	0.1534
M. intra. pre-e	0.20179	0.086896	-0.064977	-0.033485	0.021356	0.16311	-0.21882	0.13242
M. intra. vazia	-0.12288	-0.00875	-0.18178	0.40392	0.036641	-0.036714	-0.044456	-0.30276
ALT. baixa	-0.059744	0.25474	-0.2197	0.26109	0.22664	-0.15947	-0.10314	-0.041229
ALT. média	0.080426	-0.10039	0.17626	-0.04477	-0.28386	0.22076	0.24527	0.015593
ALT. alta	0.060122	-0.30242	0.13677	-0.18861	-0.13364	0.08473	0.13727	0.04806
EST. Maciça	-0.1008	-0.3171	0.20625	0.22943	0.13284	0.24055	-0.11333	0.064895
EST. Anisotróp	0.1008	0.3171	-0.20625	-0.22943	-0.13284	-0.24055	0.11333	-0.064895
QTZ (%)	-0.35718	0.11104	-0.0047843	-0.029371	-0.2254	-0.074782	-0.089319	0.013881
PLG	-0.043892	-0.065336	0.066012	-0.066785	0.60752	0.071019	0.1033	0.095955
K-FELDS	0.24316	-0.078635	-0.20054	0.21252	-0.30553	0.033003	0.16715	-0.041969
PX/ANF	0.26262	0.070959	0.29306	0.093487	0.12095	-0.021608	-0.16592	-0.10681

<

Close Copy Print Help

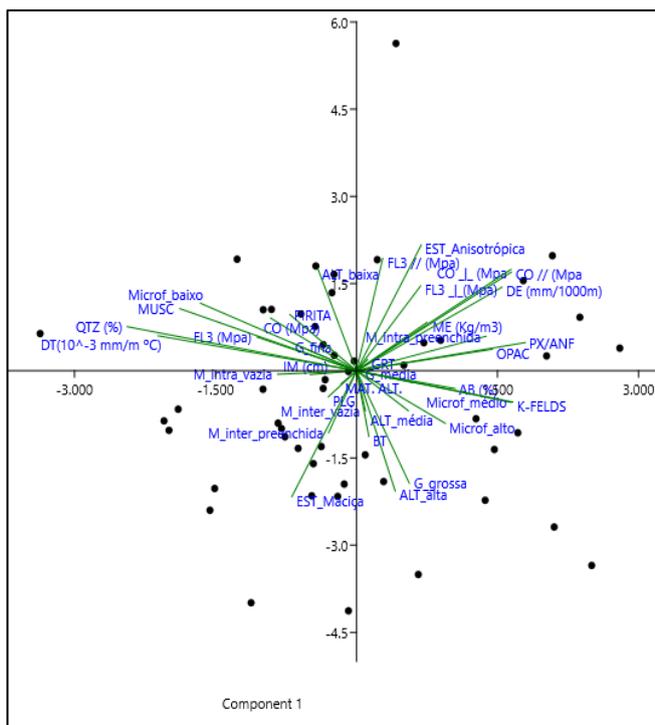
Fonte: Autores.

**Figura 14.** Aba *loadings* da PCA.

A aba *Scatter Plot* (Figura 15) exibe o gráfico contendo as inter-relações entre as variáveis (características petrográficas e tecnológicas) baseadas nos resultados de ensaios das rochas. Os pontos pretos representam a distribuição das rochas.

Iniciando a análise do gráfico pelo quarto quadrante do plano cartesiano, que corresponde aos maiores valores da Componente Principal 1, observa-se que o ângulo entre o vetor “AB” e o vetor “k-felds” é praticamente zero, evidenciando uma

alta correlação entre os dois, ou seja, quanto maior a porcentagem de feldspato potássico na rocha, maior o resultado do ensaio de absorção d'água. Outros elementos que apresentam correlação positiva com a absorção d'água são grau de micro fissuramento moderado e alto, grau de alteração moderado e alto e granulação grossa.



Fonte: Autores.

**Figura 15.** Correlações entre as características petrográficas e tecnológicas das rochas.

Analisando o primeiro quadrante, correspondente aos maiores valores da Componente Principal 2, constata-se que há uma correlação positiva entre os elementos dilatação térmica, compressão uniaxial, tração na flexão, impacto de corpo duro, granulação fina, grau de micro fissuramento baixo, grau de alteração baixo, % de quartzo e % de muscovita, os ensaios que refletem a resistência mecânica das rochas estão diretamente relacionados aos aspectos texturais. Os vetores “DT” e “Qtz” estão altamente correlacionados, formando um ângulo de quase  $0^\circ$ , ou seja, quanto maior a porcentagem de quartzo da rocha, maior é o resultado do ensaio de dilatação térmica, o que condiz com a realidade, já que esse mineral possui grande expansão. Além disso, o vetor “DT” encontra-se à aproximadamente  $180^\circ$  dos vetores “grau micro fissuramento médio e alto”, revelando uma correlação negativa entre eles, isto é, quanto maior o grau de micro fissuramento da rocha, menor é seu valor de dilatação térmica.

Os elementos do segundo quadrante, correspondente à altos valores tanto da PC1 quanto da PC2, mostram uma correlação positiva entre a massa específica (ME) das rochas e os minerais máficos, aqui representados pela porcentagem de piroxênio e anfibólio (Px/Anf), % de opacos (Opacos) e % de granada (Grt). Evidenciando a coerência nos resultados exibidos no gráfico, nota-se a correlação entre os ensaios de compressão uniaxial e tração na flexão paralelos e perpendiculares às estruturas da rocha (CO //, CO\_/, FL3 //, FL3\_/) e a característica petrográfica estrutura anisotrópica (EST\_anisotrópica).

Os elementos do terceiro quadrante, correspondente à baixos valores tanto da PC1 quanto da PC2, possuem pouca variância nos dados, sendo evidenciado pelos tamanhos dos vetores.

Ainda assim, observa-se uma correlação negativa entre a estrutura maciça (EST\_maciça) e a estrutura anisotrópica (EST\_anisotrópica), estando opostas uma da outra (ângulo de 180°). Visto isso, nota-se que as correlações positivas e negativas entre as características petrográficas e tecnológicas das rochas coincidem com a realidade.

Em relação ao método AHP, a partir das comparações paritárias dos critérios e subcritérios e avaliação da razão de consistência (RC) das matrizes, que quanto mais próxima de zero, mais forte é a consistência, obteve-se uma escala prioritária dos ensaios tecnológicos e então foram estabelecidos os ensaios mais importantes para cada ambiente de uso (Tabela 2).

**Tabela 2.** Ensaios tecnológicos mais importantes para cada ambiente de uso.

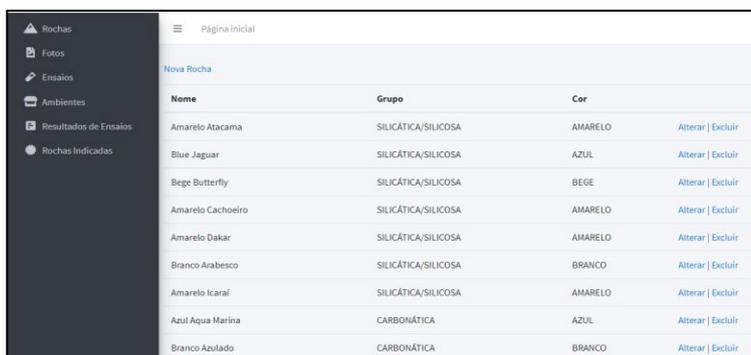
PRI ME	PRI MF	PRE	PCI ME	PCI MF	PCE	PEI ME	PEI MF	PEE	P MF	FC	FV	BI	BE
CO	AB	AB	DE	DE	DE	FL3	FL3	FL3	AB	AB	FL3	AB	AB
	CO	DT	CO	AB	AB	FL4	AB	AB		DT	DT	FL3	FL3
		CO		CO	DT		FL4	DT			AB	FL4	DT
					CO			FL4			FL4		FL4

ME: molhagem eventual; MF: molhagem frequente; PRI: pisos residenciais internos; PRE: pisos residenciais externos; PCI: pisos comerciais internos; PCE: pisos comerciais externos; PEI: pisos elevados internos; PEE: pisos elevados externos; P: paredes; FC: fachadas convencionais; FV: fachadas ventiladas; BI: pias e bancadas internas; BE: pias e bancadas externas; AB: Absorção d’água, DE: Desgaste Amsler, DT: Dilatação Térmica, CO: Compressão Uniaxial, FL3: Resistência à Tração na flexão, FL4: Resistência à flexão em 4 pontos.

Fonte: Autores.

Por fim, utilizando os parâmetros de referência sugeridos para qualificação das rochas ornamentais e os ensaios principais, foi possível classificar as rochas de acordo com o ambiente de uso.

Todos os dados das rochas e dos ambientes de uso, bem como, cor, grupo (silicática/silicosa ou carbonática), ensaios tecnológicos e resultados de ensaios, imagens e parâmetros de cada ambiente de uso foram cadastrados no sistema de gestão de dados e por meio de um algoritmo que verifica quais rochas atenderam aos critérios estabelecidos, foi possível especificar todas as rochas cadastradas no banco de dados. A Figura 16 exibe uma das telas do sistema de gerenciamento de dados.



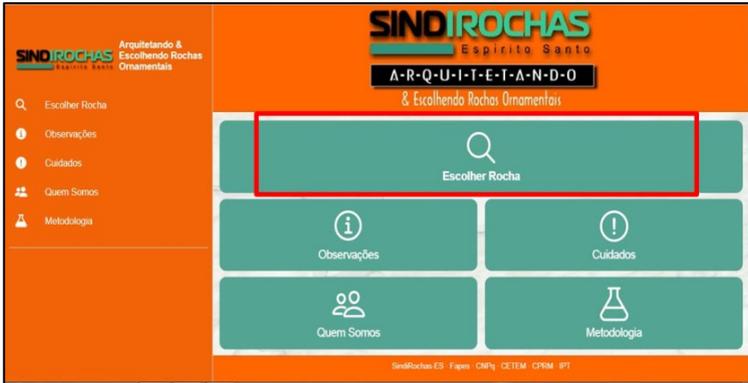
Nome	Grupo	Cor	
Amarelo Atacama	SILICÁTICA/SILICOSA	AMARELO	<a href="#">Alterar</a>   <a href="#">Excluir</a>
Blue Jaguar	SILICÁTICA/SILICOSA	AZUL	<a href="#">Alterar</a>   <a href="#">Excluir</a>
Bege Butterfly	SILICÁTICA/SILICOSA	BEGE	<a href="#">Alterar</a>   <a href="#">Excluir</a>
Amarelo Cachoelro	SILICÁTICA/SILICOSA	AMARELO	<a href="#">Alterar</a>   <a href="#">Excluir</a>
Amarelo Dakar	SILICÁTICA/SILICOSA	AMARELO	<a href="#">Alterar</a>   <a href="#">Excluir</a>
Branco Arabesco	SILICÁTICA/SILICOSA	BRANCO	<a href="#">Alterar</a>   <a href="#">Excluir</a>
Amarelo Icarai	SILICÁTICA/SILICOSA	AMARELO	<a href="#">Alterar</a>   <a href="#">Excluir</a>
Azul Agua Marina	CARBONÁTICA	AZUL	<a href="#">Alterar</a>   <a href="#">Excluir</a>
Branco Azulado	CARBONÁTICA	BRANCO	<a href="#">Alterar</a>   <a href="#">Excluir</a>

Fonte: Autores.

**Figura 16.** Sistema de gerenciamento de dados em Nuvem Azure.

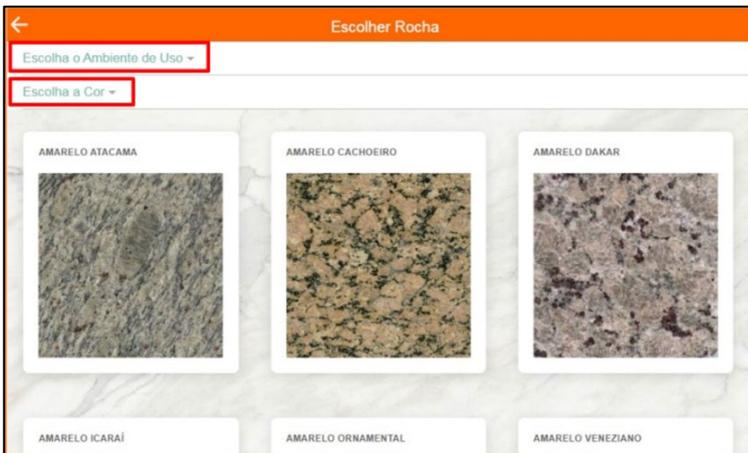
A Figura 17 exibe a tela inicial do aplicativo. Nela é possível visualizar cinco ícones principais: “Escolher rocha”, “Observações”, “Cuidados”, “Quem somos” e “Metodologia”.

Clicando sobre o ícone “Escolher rocha” o aplicativo exibirá a tela onde, no canto superior esquerdo, o usuário irá definir o ambiente de uso e a cor desejada (Figura 18).



Fonte: Autores.

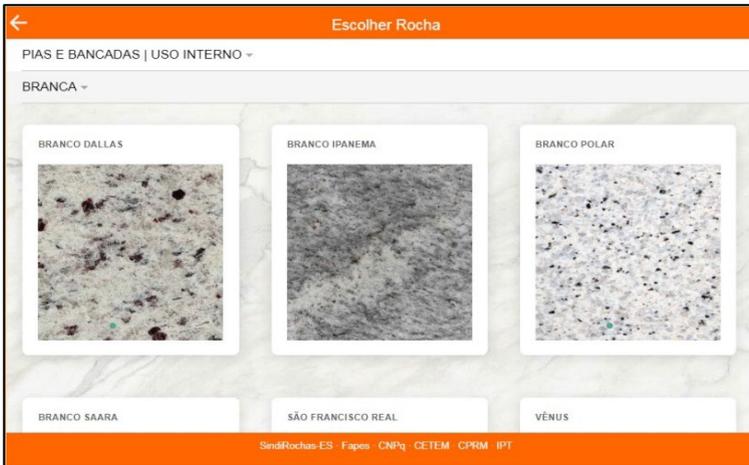
**Figura 17.** Tela inicial do aplicativo.



Fonte: Autores.

**Figura 18.** Tela “Escolher rocha”.

Após isso, o aplicativo irá filtrar e exibir somente as rochas que se enquadraram na cor definida e nos parâmetros estabelecidos para aquele ambiente de uso (Figura 19).



Fonte: Autores.

**Figura 19.** Rochas de cor branca sugeridas para utilizar em pias e bancadas de uso interno.

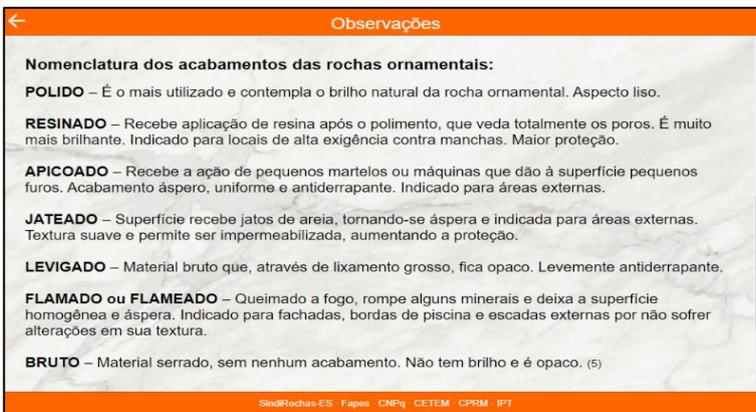
Por fim, clicando sobre uma das rochas, a imagem irá se expandir na tela e, caso haja mais imagens cadastradas, basta arrastar para o lado e o usuário poderá visualizar fotos da rocha aplicada a algum ambiente de uso (Figura 20).



Fonte: Autores.

**Figura 20.** Exibição de imagens da rocha selecionada “Branco Dallas”.

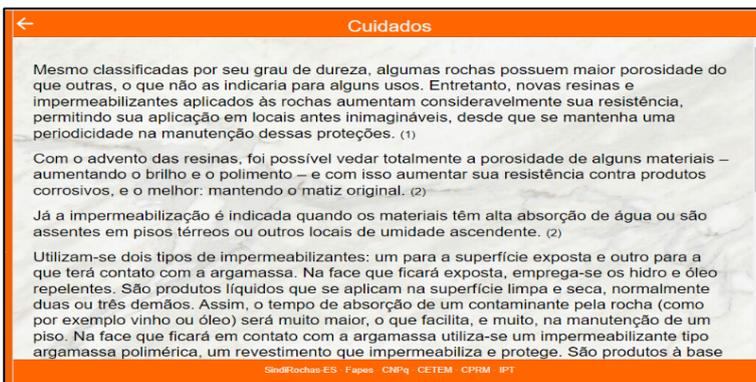
O ícone “Observações”, na tela inicial, contém algumas informações sobre as rochas ornamentais e os tipos de acabamentos (Figura 21).



Fonte: Autores.

**Figura 21.** Tela “Observações” do aplicativo.

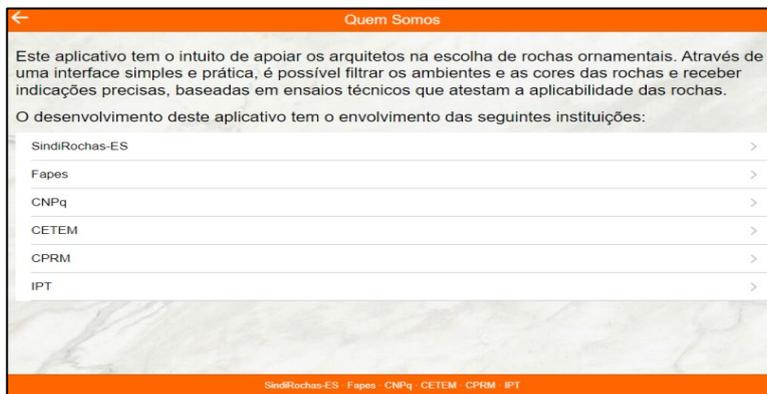
Na tela “Cuidados” estão reunidas algumas informações relevantes sobre assentamento, rejuntas e limpeza das rochas (Figura 22).



Fonte: Autores.

**Figura 22.** Tela “Cuidados” do aplicativo.

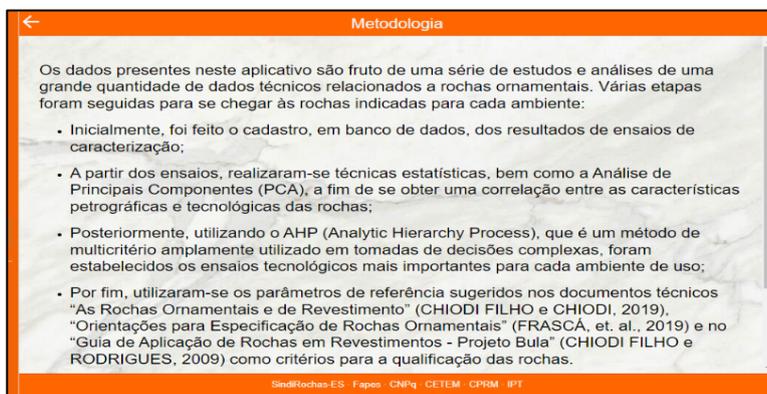
Clicando sobre o ícone “Quem somos”, serão exibidas todas as instituições envolvidas na elaboração desse aplicativo (Figura 23).



Fonte: Autores.

**Figura 23.** Tela “Quem somos” do aplicativo.

O ícone “Metodologia” exibe um breve resumo sobre a metodologia adotada no desenvolvimento desse trabalho (Figura 24).



Fonte: Autores.

**Figura 24.** Tela “Metodologia” do aplicativo.

## **6 | CONCLUSÃO**

Por meio da Análise de Principais Componentes foi possível obter uma correlação entre as propriedades tecnológicas e petrográficas das rochas e utilizá-las como base para atribuição de pesos às matrizes de julgamento do método AHP. Tal método auxiliou de forma satisfatória a especificação das rochas ornamentais, visto que foi possível estabelecer uma priorização entre seus ensaios tecnológicos e características petrográficas e posteriormente classificá-las de acordo com o ambiente de uso, utilizando como critério de qualificação, os parâmetros de referência sugeridos nos documentos técnicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS. 2020. Exportações/Importações Brasileiras - Balanço. Disponível em: <https://abirochas.com.br/site/balancos/>. Acesso em: 22/09/2020.

ABIROCHAS, 2019. Disponível em: [http://cms.academiadarocha.com.br/wp-content/uploads/2020/06/DT\\_Arquitetura/DTA\\_11/DTA-11.html](http://cms.academiadarocha.com.br/wp-content/uploads/2020/06/DT_Arquitetura/DTA_11/DTA-11.html). Acesso em: 25/08/2020.

ALVES, J.R.X.; ALVES, J.M. Definição de localidade para instalação industrial com o apoio do método de análise hierárquica (AHP). Production, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 13-26, jan./mar. 2015. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132015000100013&lng=pt&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132015000100013&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 25/08/2020.

ANFACER. 2020. Setor cerâmico – Números do setor. Disponível em: <https://www.anfacer.org.br/numeros-do-setor>. Acesso em: 22/09/2020.

ARAÚJO, E.C. de. ASP.NET Core MVC: Aplicações modernas em conjunto com o Entity Framework. 1ª ed. São Paulo: Casa do Código, 2020.

CALLAGHAN, Michael D. Developing Progressive Web Applications with Angular (and Ionic). Walkingriver.com, 2020.

CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D. As rochas ornamentais e de revestimento. Brasília: ABIROCHAS, 2019. Disponível em: [http://cms.academiadarocha.com.br/wp-content/uploads/2020/06/DT\\_Arquitetura/DTA\\_01/DTA-01.html](http://cms.academiadarocha.com.br/wp-content/uploads/2020/06/DT_Arquitetura/DTA_01/DTA-01.html). Acesso em: 25/08/2020.

CHIODI FILHO, C.; RODRIGUES, E. Guia de aplicação de rochas em revestimentos - Projeto Bula. São Paulo: ABIROCHAS, 2009.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil – Atlas de Rochas Ornamentais do Espírito Santo, Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo, 2013.

FIGUEIREDO FILHO, D.B., SILVA JUNIOR, J.A. Visão Além do Alcance: uma intrdução à análise fatorial. Opinião Pública, Campinas, vol. 16, nº 1, Junho, 2010, p. 160-185. 2009.

FILHO, R.S. et al. Atlas de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo. Brasília: CPRM, 2013.

FRASCÁ, M.H.B. de O.; RODRIGUES, E. de P.; PALDÊS, R.J.A. Orientações para especificação de rochas ornamentais. Brasília, 2019.

GOTELLI, N.J., ELLISON, A.M. Princípios de Estatística em Ecologia. Artmed. 2011.

KNIBERG, H. and SKARIN, M. Kanban and Scrum making the most of both. USA, C4Media Inc, 2010.

PRESSMAN, R. Engenharia de Software 6<sup>a</sup> ed. São Paulo, McGraw-Hill, 2006.

REGAZZI, A.J. Análise multivariada, notas de aula INF 766, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v.2, 2000.

SILVA, D.M.R. Aplicação do método AHP para a avaliação de projetos industriais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 128. 2007. Disponível em: [http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0511098\\_07\\_cap\\_03.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0511098_07_cap_03.pdf). Acesso em: 11/11/2019.

VICINI, L. Análise multivariada da teoria à prática. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, CCNE. Santa Maria, p. 215. 2005.

UNESP – Campus Rio Claro – <https://igce.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/geologiaaplicada/5.acp.pdf> (2002).

## SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2021, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 380 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <http://www.cetem.gov.br/series>.

### Últimos números da Série Rochas e Minerais Industriais

SRMI-30 – **Utilização de rochas ornamentais ricas em minerais potássicos como fonte alternativa de insumo agrícola via rochagem – Parte I.** Guilherme de Resende Camara, Bruna Xavier Faitanin, Leonardo Luiz Lyrio da Silveira, Cid Chiodi Filho, 2021.

SRMI-29 – **Modelagem cinemática do processo de polimento de rochas ornamentais para estudo de seus aspectos tribológicos analisados pelo método dos elementos finitos.** Rodrigo Lopes Arcanjo, Leonardo Luiz Lyrio da Silveira, Marckcilei Lima Dan, Victor Moza Ponciano, Phillipe Fernandes de Almeida, Wana Favero Gaburo Dorigo, 2020.

## **INFORMAÇÕES GERAIS**

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral  
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária  
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ  
Geral: (21) 3865-7222  
Biblioteca: (21) 3865-7218  
E-mail: [biblioteca@cetem.gov.br](mailto:biblioteca@cetem.gov.br)  
Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

## **NOVAS PUBLICAÇÕES**

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.



## Missão Institucional

**Desenvolver tecnologias inovadoras e sustentáveis, e mobilizar competências visando superar desafios nacionais do setor mineral.**

## O CETEM

O Centro de Tecnologia Mineral - CETEM é um instituto de pesquisas, vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações - MCTI, dedicado ao desenvolvimento, à adaptação e à difusão de tecnologias nas áreas minerometalúrgica, de materiais e de meio ambiente.

Criado em 1978, o Centro está localizado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, na Cidade Universitária, no Rio de Janeiro e ocupa 20.000m<sup>2</sup> de área construída, que inclui 25 laboratórios, 4 plantas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 44 anos de atividade, o CETEM desenvolveu mais de 800 projetos tecnológicos e prestou centenas de serviços para empresas atuantes nos setores minerometalúrgico, químico e de materiais.