

## REPORTE DE ENSAYO n.º 1 139 349-203

Este texto es una versión de un documento que fue escrito originalmente por el IPT en portugués.  
En caso de divergencia, prevalecerá la versión en portugués (Relatório de Ensaio n.º 1 137 307-203).

**CLIENTE: MARBRASA MARMORES E GRANITOS DO BRASIL S.A.**  
**CNPJ 27.189.489/0001-48**  
**Av. Francisco Mardegan, 631 - Marbrasa**  
**CEP 29313-690 – Cachoeiro de Itapemirim - ES**

**MATERIAL: Roca.**

**NATURALEZA DEL TRABAJO: Ensayos de caracterización tecnológica.**

**REFERENCIA: Presupuesto FIPT 6287/22 de 15.07.2022, aceptado por correo electrónico en 19.07.2022, y presupuesto FIPT 7726/22 de 25.08.2022, aceptado por correo electrónico en 26.08.2022.**

### 1 MATERIAL

- 1.1 Denominación declarada por el Cliente:** "Granito Preto São Gabriel".
- 1.2 Proceso ANM (Agência Nacional de Mineração – Brazil):** 803.468/1978.
- 1.3 Descripción:** Rocanegra de granofino.
- 1.4 Identificación Interna del Laboratorio:** LMPC n.º 647-22.
- 1.5 Recogida de muestra:** Realizada por el Cliente, entregada en el Laboratorio de Materiais para Produtos de Construção en 12.08.2022.

### 2 MÉTODOS APLICADOS

Análisis petrográfico, según ABNT NBR 15845-1:2015 - "Rocas para revestimiento - Análisis petrográfico" (Procedimiento IPT254 - Revisión 10 de 05.08.2020). La clasificación petrográfica siguió los criterios propuestos por <sup>1</sup>LE MAITRE (1989).

Densidad aparente, porosidad aparente y absorción de agua, según ABNT NBR 15845-2:2015 - "Rocas para revestimiento - Determinación de densidad aparente, porosidad aparente y absorción de agua" (Procedimiento IPT270 - Revisión 8 de 02/04/2020).

<sup>1</sup>LEMAITRE, R.W.(ed.) 1989. **A classification of igneous rocks and glossary of terms**: Recommendations of the International Union of Geological Sciences - Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Oxford. Blackwell Scientific Publications. 193p.

Coeficiente de dilatación térmica lineal, según ABNT NBR 15845-3:2015 - "Rocas para revestimiento – Determinación de coeficiente de dilatación térmica lineal" (Procedimiento IPT255 - Revisión 7 de 14.04.2020).

Resistencia a la compresión uniaxial, según ABNT NBR 15845-5:2015 - "Rocas para revestimiento - Resistencia a la compresión uniaxial" e ABNT NBR 15845-4:2015 - "Rocas para revestimiento – Determinación de la resistencia al hielo y al deshielo" (Procedimiento IPT271, revisión 12 de 02.04.2020 e Procedimiento IPT16357 - Revisión 1 de 08.05.2020).

Resistencia a la flexión, según ABNT NBR 15845-6:2015 - "Rocas para revestimiento – determinación del módulo de ruptura (flexión por carga en tres puntos)" (Procedimiento IPT272 - Revisión 9 de 14.08.2019).

Resistencia a la flexión por carga en cuatro puntos, según ABNT NBR 15845-7:2015 - "Rocas para revestimiento – Determinación da la resistencia a la flexión por carga en cuatro puntos" (Procedimiento IPT792 - Revisión 8 de 02.04.2020). La muestra se ensayó con la superficie pulida en condiciones de tracción.

Resistencia al impacto de cuerpo duro en rocas, según ABNT NBR 15845-8:2015 - "Rocas para revestimiento – Determinación de la resistencia al impacto de cuerpo duro" (Procedimiento IPT194 - Revisión 5 de 20.01.2020).

Determinación de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas, según ABNT NBR 8802:2013 "Hormigón Endurecido – Determinación de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas" (Procedimiento IPT269 - Revisión 4 de 08.05.2020). La velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas se determinó con todas las muestras en condiciones secas, antes de la saturación en agua.

Resistencia al ataque químico, según ABNT NBR 16596:2017 - "Rocas para revestimiento - Resistencia al ataque químico" (Procedimiento IPT197 - Revisión 7 de 08.05.2020). En lugar de una solución de hipoclorito de sodio de 20 mg/L, se utilizó una solución comercial con acerca de 12 % de cloro activo.

Resistencia a las manchas, modificado de la norma ABNT NBR ISO 10545-14:2017 - "Baldosas cerámicas Parte 14: Determinación de la resistencia a las manchas" (Procedimiento IPT6290 - Revisión 3 de 21.01.2021).

**Nota:** Los cálculos se realizaron en planillas electrónicas con más decimales que los expresados en este documento. Para fines de redondeo, en los cálculos realizados, se utilizó la norma ABNT NBR 5891:2014 - Reglas de Redondeo en Numeración Decimal.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Análisis petrográfico

Los resultados del análisis petrográfico se presentan en Tabla 1, Fotomicrografías 1 hasta 4.

Figura 1 y

**Tabla 2** - Resultados del análisis petrográfico (ABNT NBR 15845-1:2015) para el "Granito Preto São Gabriel" (LMPC n.º 647-22), terminado en 23.11.2022.

**MATERIAL:** fragmento deroca (baldosa pulida)

**ORIGEN:** Colatina, ES - Brazil

#### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

**²COLOR: condición seca:** negro grisáceo (N2)

**condición húmeda:** negro (N1)

**ESTRUCTURA:** maciza.

**DISCONTINUIDADES:** no detectadas.

**MATERIAL DE RELLENO:** no aplicable.

#### DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA – Sección delgada IPT n.º 12.484

| MINERALES                                                                                                                                 | Situación visual - % |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Plagioclasa (andesina-labradorita)                                                                                                        | 75                   |
| Ortopiroxeno (hipersteno)                                                                                                                 | 10                   |
| Biotita                                                                                                                                   | 5-10                 |
| Minerales opacos                                                                                                                          | <5                   |
| Cuarzo                                                                                                                                    | <5                   |
| Clinozoisita                                                                                                                              | <5                   |
| Accesorios: apatito, titanita, olivino                                                                                                    | trazas               |
| Secundarios (escasos): hidróxidos de hierro, hornblenda (producto de uralitización), sericita, clorita (escaso), saussurita (muy escaso). | -                    |

**NATURALEZA:** ígnea.

**TEXTURA:** hiatal hipidiomorfa, poequitica (ortopiroxeno), ocasionalmente simplectita.

**GRANULACIÓN:** muy grueso a fino, predominantemente medio, con plagioclasa entre 80 µm y 6,0 mm, ortopiroxeno entre 100 µm y 3,0 mm, biotita entre 50 µm y 7,0 mm y minerales opacos hasta 1,0 mm.

**ESTADO MICROFISURAL:** Microfisuración débil. Se observan microfisuras intragranulares (comunes) en la plagioclasa (sin relleno o con relleno parcial de sericita) y en el ortopiroxeno (parcialmente con relleno de hidróxidos de hierro). No se detectaron microfisuras intergranulares y transgranulares.

**ALTERACIÓN:** Prácticamente inalterada. El ortopiroxeno exhibe localmente uralitización (alteración en hornblenda), con inclusión de opacos parcialmente alterados en hidróxidos de

<sup>2</sup> Color determinado según: Rock-Color Chart Committee, Geological Society of America and Rock-Color Chart Committee. 1963. **Rock-color chart**. Geological Society of America, New York. 9p.

hierro. Plagioclasa con manchas escasas de sericitización y, aún menos frecuentemente, sausrutización. Ocasionalmente biotita de borde difuso, débilmente alterada a clorita, con presencia de hidróxidos de hierro en las líneas de clivaje.

**CONSIDERACIONES:** La roca tiene predominio de plagioclasa (andesina-labradorita) en textura hialal hipidiomorfa, a veces con reticulo cristalino deformado, con escasas (y discretas) laminillas de exsolución, sericitizadas y sausrutizadas en diminutos puntos. Cuarzo se presenta intersticial, a veces en intercrecimiento con plagioclasa (textura simplectita). Ortopiroxeno (hipersteno) se presenta alotriomórfico, con abundantes inclusiones alongadas de mineral opaco parcialmente alterado a hidróxidos de hierro, exhibiendo localmente alteración a hornblenda (uralitización). Biotita alotriomórfica, localmente con bordes difusos y escasa alteración a clorita, con presencia de hidróxidos de hierro en las líneas de clivaje. Clinozoisita euhedral, en distribución aleatoria heterogénea. Son observados minerales opacos anhedrales, en distribución heterogénea, generalmente asociados a minerales máficos, siendo muy escasos titanita y olivino, subhedrales. Apatita es poco común, en distribución aleatoria heterogénea.

#### CLASIFICACIÓN: Gabro / Nóbrita

**Figura 1** – Fragmento seleccionado para análisis petrográfico y su respectiva sección delgada. Dimensiones de la lámina de vidrio: 2,5 cm x 4,0 cm.

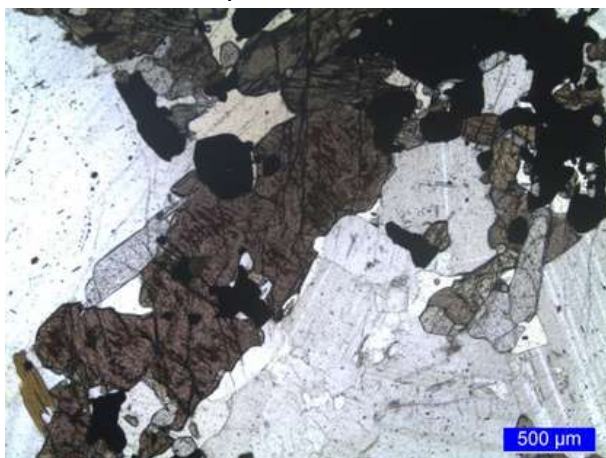


Origen de la imagen: archivo LMPC.

<sup>3</sup> Según Diagrama QAP (Cuarzo–Plagioclasa - Feldespatos alcalinos)

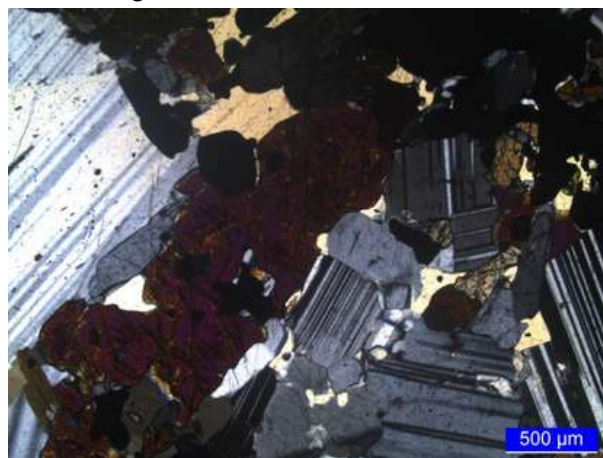
<sup>4</sup> Según Diagrama POC (Plagioclasa - Ortopiroxeno – Clinopiroxeno)

**Fotomicrografía 1** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) Sección delgada IPT n.º 12.484. Aspecto general. Polarización simple.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Fotomicrografía 2** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22). Sección delgada IPT n.º 12.484. Mismo local de la fotomicrografía anterior. Polarización cruzada.



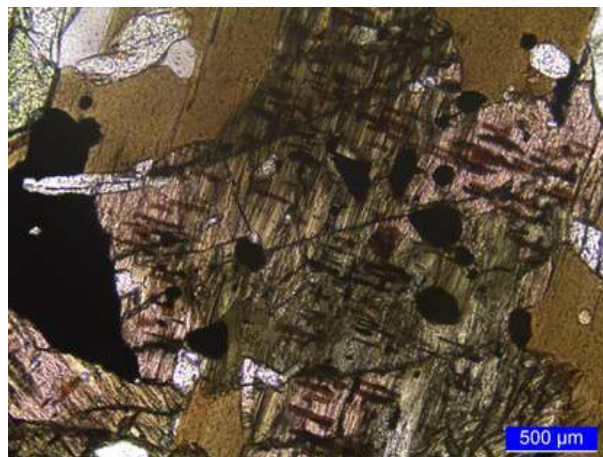
Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Fotomicrografía 3** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22). Sección delgada IPT n.º 12.484. Aspecto general de los minerales félsicos. Nótese cuarzo intersticial y simplectítico. Polarización cruzada.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Fotomicrografía 4** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22). Sección delgada IPT n.º 12.484. En el centro de la imagen, ortopiroxeno (hipersteno) uralitizado en hornblenda. Polarización simple.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

### 3.2 Densidad aparente, porosidad aparente y absorción de agua

Los resultados de la determinación de densidad aparente, porosidad aparente y absorción de agua se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2** - Resultados de la determinación de densidad aparente, porosidad aparente y absorción de agua (ABNT NBR 15845-2:2015) para el "Granito Preto São Gabriel" (LMPC n.º 647-22), terminada en 25.08.2022.

| PROBETA<br>(n.º)             | MASA<br>SECA<br>(g) | MASA<br>SATURADA<br>(g) | MASA<br>SUBMERGIDA<br>(g) | DENSIDAD<br>APARENTE<br>(kg/m³) | POROSIDAD<br>APARENTE<br>(%) | ABSORCIÓN<br>DE AGUA<br>(%) |
|------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1                            | 379,49              | 379,81                  | 251,87                    | 2.966                           | 0,27                         | 0,09                        |
| 2                            | 375,96              | 376,28                  | 249,52                    | 2.966                           | 0,28                         | 0,09                        |
| 3                            | 381,42              | 381,79                  | 253,24                    | 2.967                           | 0,32                         | 0,11                        |
| 4                            | 379,71              | 380,05                  | 252,17                    | 2.969                           | 0,29                         | 0,10                        |
| 5                            | 367,49              | 367,86                  | 243,82                    | 2.962                           | 0,32                         | 0,11                        |
| 6                            | 414,67              | 415,05                  | 274,91                    | 2.959                           | 0,29                         | 0,10                        |
| 7                            | 384,91              | 385,26                  | 255,67                    | 2.970                           | 0,29                         | 0,10                        |
| 8                            | 385,47              | 385,83                  | 255,92                    | 2.967                           | 0,29                         | 0,10                        |
| 9                            | 390,18              | 390,56                  | 259,11                    | 2.968                           | 0,31                         | 0,11                        |
| 10                           | 385,75              | 386,17                  | 255,79                    | 2.959                           | 0,34                         | 0,11                        |
| 11                           | 387,81              | 388,21                  | 257,16                    | 2.959                           | 0,33                         | 0,11                        |
| 12                           | 386,90              | 387,30                  | 256,70                    | 2.962                           | 0,33                         | 0,11                        |
| PROMEDIO                     |                     |                         |                           | 2.965                           | 0,30                         | 0,10                        |
| DEVIACIÓN ESTANDAR           |                     |                         |                           | 4                               | 0,02                         | 0,01                        |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%) |                     |                         |                           | 0,14                            | 7,7                          | 7,8                         |

### 3.2 Coeficiente de dilatación térmica lineal

Los resultados de dilatación térmica lineal se muestran en la Tabla 3.

**HABITAÇÃO E EDIFICAÇÕES**

Laboratório de Materiais para Produtos de Construção

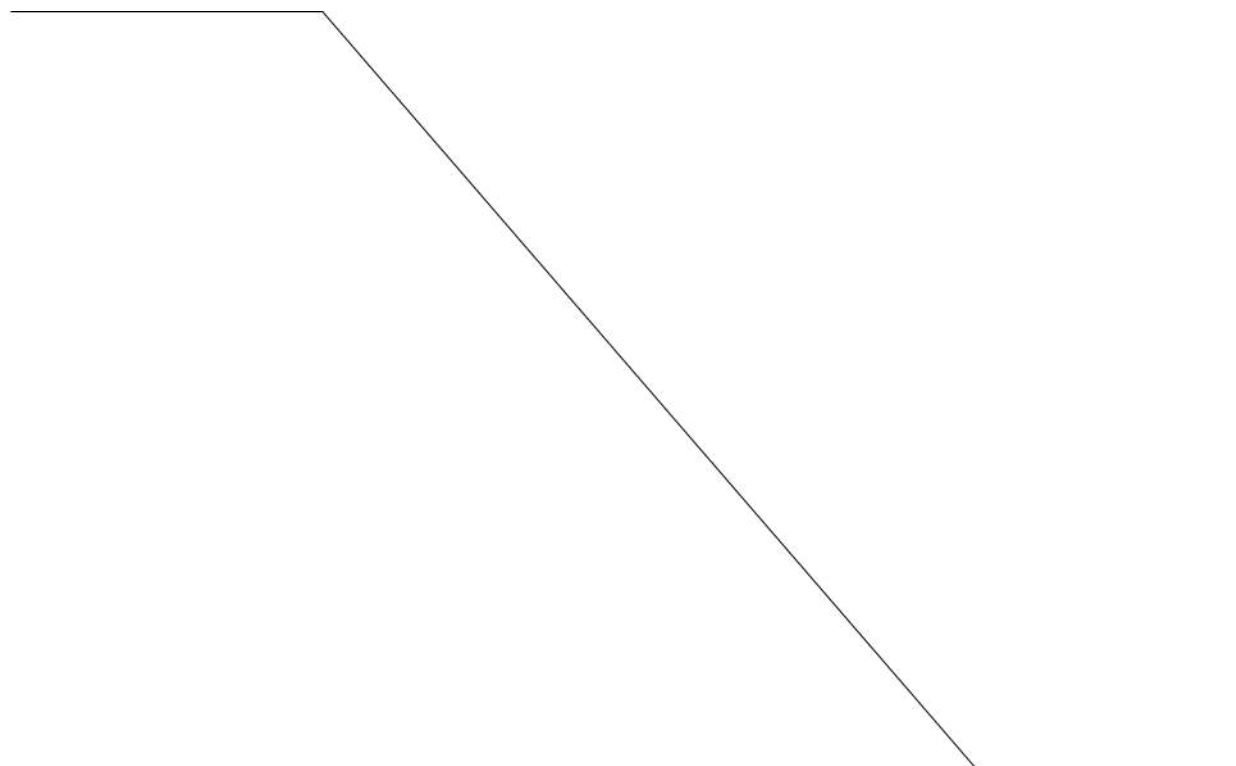
**Tabla 3** - Resultados del ensayo de dilatación térmica lineal (ABNT NBR 15845-3:2015) para el "Granito Preto São Gabriel" (LMPC n.º 647-22), terminado en 20.09.2022.

| PROBETA<br>(n.º) | $L_0$<br>(mm) | $L$<br>( $10^{-6}$ m) | TEMPERATURA (°C)         |              | COEFICIENTE DE DILATACIÓN<br>TÉRMICA LINEAL ( $10^{-3}$ mm/m.°C) |                |
|------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------|----------------|
|                  |               |                       | RANGO DE<br>VARIACIÓN    | T            | EN EL CASO<br>(dilatación o<br>contracción)                      | VALOR<br>MEDIO |
| 1                | 90,5          | 13,3<br>14,0          | 50,0 / 0,0<br>0,0 / 50,1 | 50,0<br>50,1 | 2,9<br>3,1                                                       | 3,0            |
| 2                | 90,5          | 15,8<br>12,7          | 50,1 / 0,0<br>0,0 / 50,0 | 50,1<br>50,0 | 3,5<br>2,8                                                       | 3,1            |
| <b>PROMEDIO</b>  |               |                       |                          |              |                                                                  | <b>3,1</b>     |

Roca sin orientación perceptible.

### 3.2 Resistencia a la compresión uniaxial y determinación de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas

Los resultados de la resistencia a la compresión uniaxial y determinación de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas se muestran en la Tabla 4.



**HABITAÇÃO E EDIFICAÇÕES**

Laboratório de Materiais para Produtos de Construção

**Tabla 4** - Resultados de los ensayos de compresión uniaxial (NBR 15845-5:2015), resistencia al hielo y al deshielo (NBR 15845-4:2015) y determinación de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas (ABNT NBR 8802:2013) para el "Granito Preto São Gabriel" (LMPC n.º 647-22), terminado en 14.10.2022.

| PROBETA                      |       | ALTURA<br>(mm) | DIMENSIONES<br>BORDES<br>(cm) |      | ÁREA DE<br>CARGO,<br>A<br>(cm²) | CARGO DE<br>RUPTURA,<br>P<br>(kgf) | TENSIÓN DE<br>RUPTURA,<br>(a) |       | VELOC.<br>DE<br>PROPAG.<br>(m/s) |
|------------------------------|-------|----------------|-------------------------------|------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------|----------------------------------|
| (n.º)                        | cond. |                | A1                            | A2   |                                 |                                    | (kgf/cm²)                     | (MPa) |                                  |
| 3                            | sec   | 77,52          | 7,66                          | 7,58 | 58,04                           | 104.760                            | 1805,1                        | 177,0 | 5.829                            |
| 2                            | sec   | 77,78          | 7,63                          | 7,55 | 57,61                           | 99.340                             | 1724,3                        | 169,1 | 6.124                            |
| 8                            | sec   | 78,17          | 7,65                          | 7,58 | 57,97                           | 99.960                             | 1724,3                        | 169,1 | 5.967                            |
| 5                            | sec   | 75,82          | 7,48                          | 7,58 | 56,66                           | 96.520                             | 1703,4                        | 167,0 | 6.066                            |
| 16                           | sec   | 75,39          | 7,56                          | 7,56 | 57,16                           | 95.480                             | 1670,4                        | 163,8 | 5.711                            |
| 18                           | sec   | 76,88          | 7,63                          | 7,68 | 58,61                           | 93.900                             | 1602,0                        | 157,1 | 6.054                            |
| 9                            | sat   | 76,82          | 7,65                          | 7,53 | 57,61                           | 94.640                             | 1642,7                        | 161,1 | 5.955                            |
| 17                           | sat   | 76,97          | 7,54                          | 7,56 | 57,06                           | 92.540                             | 1621,9                        | 159,1 | 6.061                            |
| 14                           | sat   | 76,06          | 7,56                          | 7,54 | 57,06                           | 92.480                             | 1620,9                        | 159,0 | 6.037                            |
| 11                           | sat   | 77,50          | 7,64                          | 7,65 | 58,50                           | 92.980                             | 1589,4                        | 155,9 | 6.102                            |
| 15                           | sat   | 76,14          | 7,55                          | 7,57 | 57,12                           | 90.060                             | 1576,6                        | 154,6 | 5.640                            |
| 12                           | sat   | 77,42          | 7,63                          | 7,61 | 58,13                           | 90.960                             | 1564,8                        | 153,5 | 5.821                            |
| 6                            | h/d   | 77,72          | 7,67                          | 7,66 | 58,74                           | 100.620                            | 1713,0                        | 168,0 | 5.632                            |
| 13                           | h/d   | 76,97          | 7,63                          | 7,59 | 57,90                           | 97.000                             | 1675,4                        | 164,3 | 6.013                            |
| 7                            | h/d   | 78,50          | 7,69                          | 7,65 | 58,78                           | 98.460                             | 1675,2                        | 164,3 | 5.730                            |
| 4                            | h/d   | 77,10          | 7,67                          | 7,57 | 58,09                           | 94.960                             | 1634,8                        | 160,3 | 5.931                            |
| 10                           | h/d   | 77,68          | 7,68                          | 7,75 | 59,52                           | 96.120                             | 1615,0                        | 158,4 | 6.069                            |
| 1                            | h/d   | 77,50          | 7,64                          | 7,59 | 57,99                           | 88.220                             | 1521,2                        | 149,2 | 6.055                            |
| PROMEDIO (sec)               |       |                |                               |      |                                 |                                    | 1.704,9                       | 167,2 | 5.933                            |
| DEVIACIÓN ESTANDAR           |       |                |                               |      |                                 |                                    | 67                            | 7     | 164                              |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%) |       |                |                               |      |                                 |                                    | 3,9                           | 3,9   | 2,8                              |
| PROMEDIO (sat)               |       |                |                               |      |                                 |                                    | 1.602,7                       | 157,2 | -                                |
| DEVIACIÓN ESTANDAR           |       |                |                               |      |                                 |                                    | 30                            | 3     | -                                |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%) |       |                |                               |      |                                 |                                    | 1,9                           | 1,9   | -                                |
| PROMEDIO (h/d)               |       |                |                               |      |                                 |                                    | 1.639,1                       | 160,7 | -                                |
| DEVIACIÓN ESTANDAR           |       |                |                               |      |                                 |                                    | 67                            | 7     | -                                |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%) |       |                |                               |      |                                 |                                    | 4,1                           | 4,1   | -                                |
| K(a) = (h/d)/sec :           |       |                |                               |      |                                 |                                    | 0,96                          |       | -                                |

(a): = P/A

K= hd / sec (coeficiente de debilitamiento).

sec=cuerpos de prueba secados al horno a 70°C por lo menos 48 h.

sat=cuerpos de prueba ensayados en condiciones de saturación en agua por lo menos 48 h.

Los resultados de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas se determinó con todas las muestras en condiciones secas, antes de la saturación en agua.

Rocasin orientación perceptible.

### 3.3 Módulo de ruptura (flexión por carga en tres puntos) y determinación de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas

Los resultados de la flexión por carga en tres puntos (módulo de ruptura) y determinación de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5** - Resultados del módulo de ruptura - ensayo de flexión por carga en tres puntos (ABNT NBR 15845-6:2015) y determinación de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas (ABNT NBR 8802:2013) para el "Granito Preto São Gabriel" (LMPC n.º 647-22), terminado en 05.09.2022.

| PROBETA                      |       | DIMENSIONES PROMEDIO (cm) |          | CARGA DE RUPTURA, P (N) | TENSIÓN DE RUPTURA, R <sup>(a)</sup> |       | VELOC. DE PROPAG. (m/s) |
|------------------------------|-------|---------------------------|----------|-------------------------|--------------------------------------|-------|-------------------------|
|                              |       | Espesor, d                | Ancho, b |                         | (kgf/cm²)                            | (MPa) |                         |
| (n.º)                        | cond. |                           |          |                         |                                      |       | 5.817                   |
| 8                            | SEC   | 5,28                      | 10,04    | 19.361                  | 190,4                                | 18,7  | 5.855                   |
| 2                            | SEC   | 5,30                      | 10,07    | 19.144                  | 186,3                                | 18,3  | 5.607                   |
| 7                            | SEC   | 5,18                      | 10,05    | 17.827                  | 182,0                                | 17,8  | 5.956                   |
| 5                            | SEC   | 5,18                      | 10,06    | 17.662                  | 180,1                                | 17,7  | 5.672                   |
| 11                           | SEC   | 5,30                      | 10,10    | 17.750                  | 172,3                                | 16,9  | 6.024                   |
| 12                           | SEC   | 5,18                      | 10,06    | 16.400                  | 167,3                                | 16,4  | 5.591                   |
| 9                            | SAT   | 5,23                      | 10,06    | 19.930                  | 199,4                                | 19,6  | 5.828                   |
| 4                            | SAT   | 5,19                      | 10,09    | 18.492                  | 187,3                                | 18,4  | 5.910                   |
| 1                            | SAT   | 5,15                      | 10,04    | 17.459                  | 180,5                                | 17,7  | 5.984                   |
| 3                            | SAT   | 5,29                      | 10,07    | 18.434                  | 180,1                                | 17,7  | 5.702                   |
| 6                            | SAT   | 5,29                      | 9,98     | 17.101                  | 168,6                                | 16,5  | 5.642                   |
| 10                           | SAT   | 5,22                      | 10,11    | 16.485                  | 164,8                                | 16,2  | 5.799                   |
| PROMEDIO (sec)               |       |                           |          |                         | 179,7                                | 17,6  | 153                     |
| DEVIACIÓN ESTANDAR           |       |                           |          |                         | 9                                    | 1     | 2,6                     |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%) |       |                           |          |                         | 4,8                                  | 4,8   | -                       |
| PROMEDIO (sat)               |       |                           |          |                         | 180,1                                | 17,7  | -                       |
| DEVIACIÓN ESTANDAR           |       |                           |          |                         | 13                                   | 1     | -                       |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%) |       |                           |          |                         | 7,0                                  | 7,0   | -                       |

(a)  $R = 3PL / 2bd^2$

L = distancia entre los puntos de aplicación de carga: 18 cm.

Los resultados de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas se determinó con todas las muestras en condiciones secas, antes de la saturación en agua.

sec = cuerpos de prueba secados al horno a 70°C por lo menos 48 h.

sat = cuerpos de prueba ensayados en condiciones de saturación en agua por lo menos 48 h.

Roca sin orientación perceptible.

### 3.4 Flexión por carga en cuatro puntos

Los resultados de la flexión por carga en cuatro puntos se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6** - Resultados del ensayo de flexión por carga en cuatro puntos (ABNT NBR 15845-7:2015) para el "Granito Preto São Gabriel" (LMPC n.º 647-22), terminado en 02.09.2022.

| PROBETA<br>(n.º)             |       | DIMENSIONES<br>PROMEDIO<br>(cm) |          | CARGA DE<br>RUPTURA, P | TENSIÓN DE RUPTURA,<br>R <sup>(a)</sup> |        |
|------------------------------|-------|---------------------------------|----------|------------------------|-----------------------------------------|--------|
| (n.º)                        | cond. | Espesor, d                      | Ancho, b | (N)                    | (kgf/cm <sup>2</sup> )                  | (MPa)  |
| 6                            | SEC   | 3,23                            | 10,22    | 7.559                  | 1626,56                                 | 159,52 |
| 5                            | SEC   | 3,22                            | 9,95     | 7.285                  | 1620,04                                 | 158,88 |
| 3                            | SEC   | 3,29                            | 10,26    | 7.607                  | 1571,54                                 | 154,12 |
| 4                            | SEC   | 3,29                            | 10,19    | 7.329                  | 1524,48                                 | 149,51 |
| 1                            | SEC   | 3,31                            | 10,19    | 7.355                  | 1511,56                                 | 148,24 |
| 2                            | SEC   | 3,30                            | 10,24    | 7.093                  | 1459,26                                 | 143,11 |
| 9                            | SAT   | 3,3                             | 10,24    | 8634                   | 1776,48                                 | 174,22 |
| 10                           | SAT   | 3,29                            | 10,26    | 8.196                  | 1693,20                                 | 166,05 |
| 11                           | SAT   | 3,22                            | 10,24    | 7.382                  | 1595,30                                 | 156,45 |
| 8                            | SAT   | 3,31                            | 10,21    | 7.746                  | 1588,84                                 | 155,82 |
| 7                            | SAT   | 3,31                            | 10,24    | 7.701                  | 1574,88                                 | 154,45 |
| 12                           | SAT   | 3,22                            | 10,22    | 6.881                  | 1489,77                                 | 146,10 |
| PROMEDIO (sec)               |       |                                 |          |                        | 1.552,2                                 | 152,2  |
| DEVIACIÓN ESTANDAR           |       |                                 |          |                        | 66                                      | 6      |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%) |       |                                 |          |                        | 4,2                                     | 4,2    |
| PROMEDIO (sat)               |       |                                 |          |                        | 1.619,7                                 | 158,8  |
| DEVIACIÓN ESTANDAR           |       |                                 |          |                        | 100                                     | 10     |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%) |       |                                 |          |                        | 6,2                                     | 6,2    |

(a)  $R = 3PL / 4bd^2$

L = distancia entre los puntos de aplicación de carga: 30 cm.

sec = cuerpos de prueba secados al horno a 70°C por lo menos 48 h.

sat = cuerpos de prueba ensayados en condiciones de saturación en agua por lo menos 48 h.

Roca sin orientación perceptible. Los cuerpos de prueba, telados, se ensayaron con la superficie pulida en condiciones de tracción.

### 3.5 Resistencia al impacto de cuerpo duro

Los resultados de la resistencia al impacto de cuerpo duro se muestran en la Tabla 7.

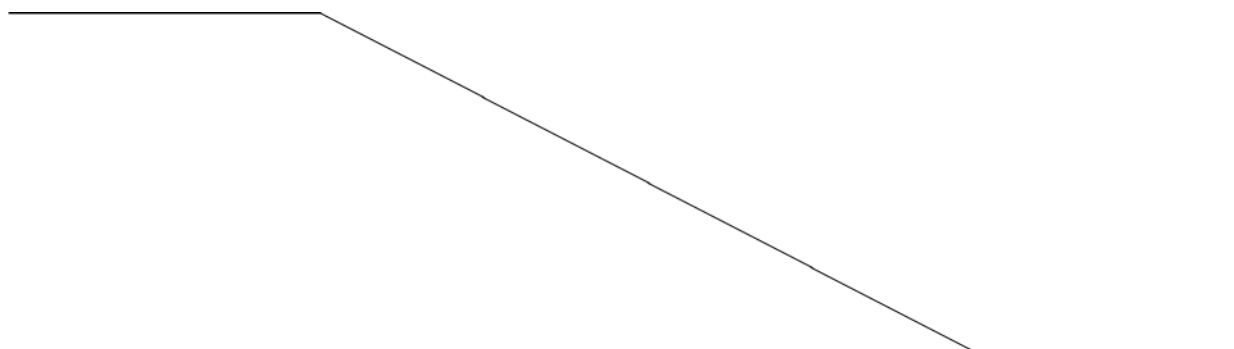
**Tabla 7.** Resultados de la determinación de la resistencia al impacto de cuerpo duro (ABNT NBR 15845-8:2015), para el "Granito Preto São Gabriel" (LMPC n.º 647-22), terminado en 05.09.2022.

| PROBETA<br>(n.º)             | DIMENSIONES (mm) |       | Espesor<br>promedio <sup>(a)</sup> | Altura de caída de la esfera<br>(m), en que se ocurrió<br>ruptura |      | Energía de<br>ruptura (J) |
|------------------------------|------------------|-------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------|---------------------------|
|                              | Lados            |       |                                    | fisuras                                                           | 0,70 |                           |
|                              | 1                | 2     |                                    |                                                                   |      |                           |
| 1                            | 201,4            | 202,0 | 32,4                               | 0,65                                                              | 0,65 | 7                         |
| 2                            | 200,3            | 200,8 | 32,2                               | 0,60                                                              | 0,70 | 6                         |
| 3                            | 200,5            | 200,8 | 32,4                               | 0,65                                                              | 0,65 | 7                         |
| 4                            | 200,7            | 200,3 | 32,3                               | 0,60                                                              | 0,65 | 6                         |
| 5                            | 201,2            | 200,9 | 32,6                               | 0,60                                                              |      | 6                         |
| PROMEDIO                     |                  |       |                                    | 0,62                                                              | 0,67 | 6,6                       |
| DEVIACIÓN ESTANDAR           |                  |       |                                    | 0,03                                                              | 0,03 | 0,3                       |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%) |                  |       |                                    | 4,42                                                              | 4,09 | 4,1                       |

(a) - Promedio de cuatro determinaciones.  
Cuerpos de prueba telados.

### 3.7 Resistencia al ataque químico

Los resultados del ensayo de ataque químico se muestran en la Tabla 8 y en las Figuras 2 hasta 11.



**Tabla 8** - Resultados del ensayo de resistencia al ataque químico (ABNT NBR 16596:2017), para el "Granito Preto São Gabriel" (LMPC n.º 647-22), terminado en 23.09.2022.

| REACTIVO UTILIZADO             | TIEMPO DE APLICACIÓN | RESULTADO<br>(observación macroscópica del área ensayada) |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------|
| Cloruro de amonio<br>(100 g/L) | 24 h                 | Blanqueamiento débil en la zona de contacto.              |
| Hipoclorito de sodio (12%)     | 24 h                 | Blanqueamiento débil en la zona de contacto.              |
| Ácido cítrico<br>(100 g/L)     | 24 h                 | Blanqueamiento moderado en la zona de contacto.           |
| Ácido láctico<br>(100 g/L)     | 24 h                 | Blanqueamiento moderado en la zona de contacto.           |
| Ácido acético<br>(3%)          | 24 h                 | Blanqueamiento débil en la zona de contacto.              |
| Ácido clorhídrico<br>(3%)      | 96 h                 | Blanqueamiento fuerte en la zona de contacto.             |
| Ácido clorhídrico<br>(18%)     | 96 h                 | Blanqueamiento fuerte en la zona de contacto.             |
| Hidróxido de potasio (30 g/L)  | 96 h                 | Blanqueamiento débil en la zona de contacto.              |
| Hidróxido de potasio (100 g/L) | 96 h                 | Blanqueamiento débil en la zona de contacto.              |

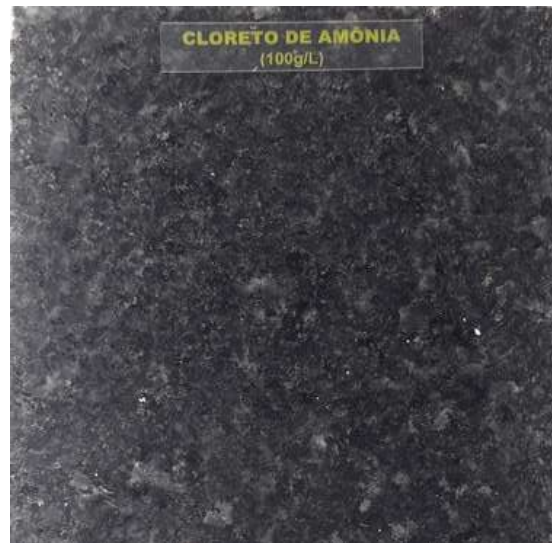
El ensayo se realizó en baldosas pulidas.

**Figura 2** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) - superficie pulida. Muestra de referencia, para comparación, sin haber sido sometido al ataque químico.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 3** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) - superficie pulida, con blanqueamiento débil en la zona de contacto, después de la exposición a cloruro de amonio (100 g/L) durante 24 h.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 4** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22)-superficie pulida, con blanqueamiento débil en la zona de contacto, después de la exposición a la solución de hipoclorito de sodio (12%) durante 24 h.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 5** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22)-superficie pulida, con blanqueamiento moderado en la zona de contacto, después de la exposición a ácido cítrico (100 g/L) durante 24 h.



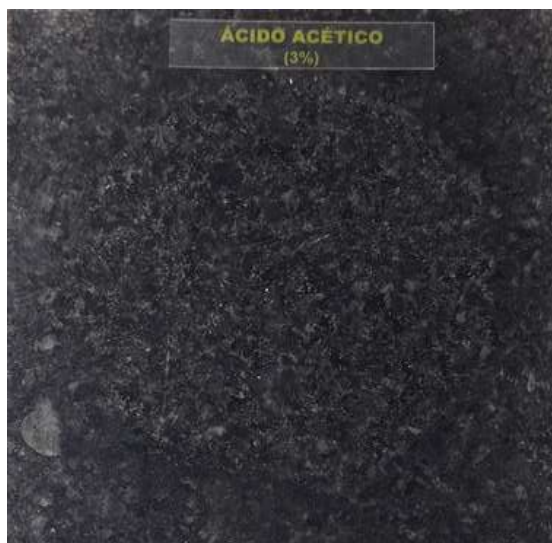
Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 6** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) - superficie pulida, con blanqueamiento moderado en la zona de contacto, después de la exposición a ácido láctico (100 g/L) durante 24 h.



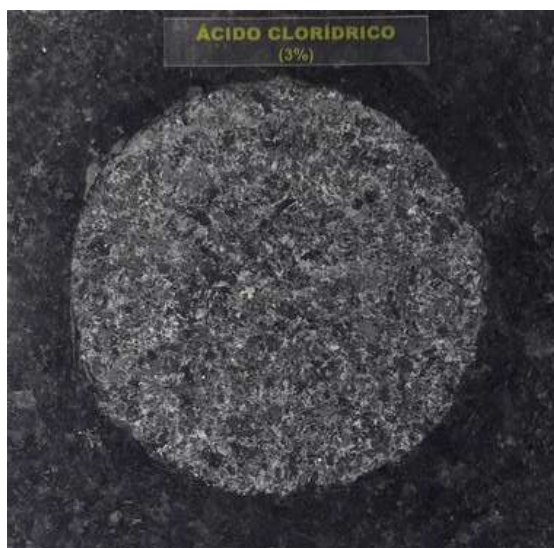
Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 7** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) - superficie pulida, con blanqueamiento débil en la zona de contacto, después de la exposición a ácido acético (3%) durante 24 h.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 8** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22)-superficie pulida, con blanqueamiento fuerte en la zona de contacto, después de la exposición a ácido clorhídrico (3%) durante 96 h.



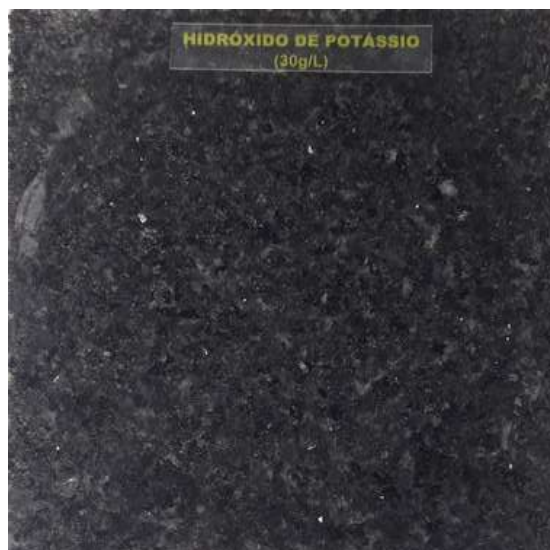
Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 9** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22)-superficie pulida, con blanqueamiento fuerte en la zona de contacto, después de la exposición a ácido clorhídrico (18%) durante 96 h.



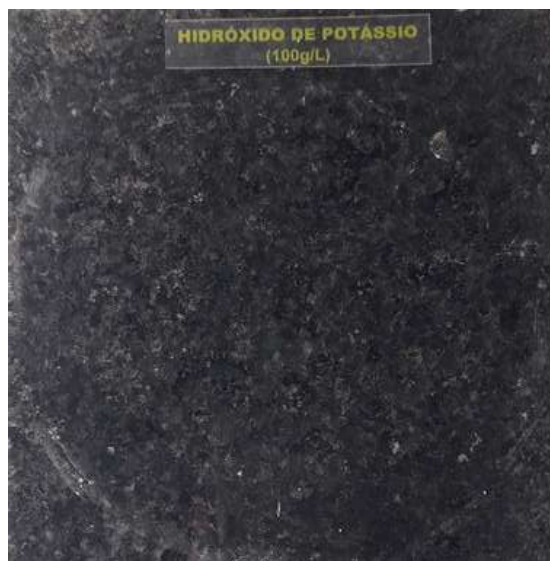
Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 10** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) - superficie pulida, con blanqueamiento débil en la zona de contacto, después de la exposición a hidróxido de potasio (30 g/L) durante 96 h.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 11** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22)-superficie pulida, con blanqueamiento débil en la zona de contacto, después de la exposición a hidróxido de potasio (100 g/L) durante 96 h.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

### 3.8 Resistencia a las manchas

Los resultados del ensayo de resistencia a las manchas se muestran en la Tabla 9 y en las Figuras 12 hasta 26.

**Tabla 9** – Resultados del ensayo de resistencia a las manchas (modificado da ABNT NBR ISO 10545-14:2017) para baldosas pulidas del “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22), terminado en el 23.09.2022. Se expuso la superficie de la roca a los causadores de manchas durante 24 horas y los resultados expresan la facilidad o no de remoción del material impregnado.

|                  | CAUSADOR DE MANCHA                | CLASE DE LIMPIEZA <sup>(a)</sup> | RESULTADO    |
|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------|
| Uso culinario    | Cafe                              | 5                                | Sin manchas. |
|                  | Coca-Cola®                        | 5                                | Sin manchas. |
|                  | Salsa de tomate                   | 5                                | Sin manchas. |
|                  | Mayonesa                          | 5                                | Sin manchas. |
|                  | Mostaza                           | 5                                | Sin manchas. |
|                  | Aceite de soja                    | 5                                | Sin manchas. |
|                  | Vinagre                           | 5                                | Sin manchas. |
|                  | Vino tinto                        | 5                                | Sin manchas. |
| Uso no culinario | Aceite lubricante automotriz      | 5                                | Sin manchas. |
|                  | Solución alcohólica de yodo       | 5                                | Sin manchas. |
|                  | Óxido de cromo en aceite liviano  | 5                                | Sin manchas. |
|                  | Óxido de hierro en aceite liviano | 5                                | Sin manchas. |
|                  | Tinta de bolígrafo                | 4                                | Sin manchas. |
|                  | Tinta de sello                    | 4                                | Sin manchas. |

- (a) - Clase 5 - causador de mancha eliminado después del lavado A (agua caliente), sin causar manchas.  
 Clase 4 - mancha eliminada después del lavado B (agua a temperatura ambiente y detergente).  
 Clase 3 - mancha eliminada después del lavado COM (agua a temperatura ambiente y un limpiador fuerte).  
 Clase 2-1 - persistencia de la mancha después del lavado C.

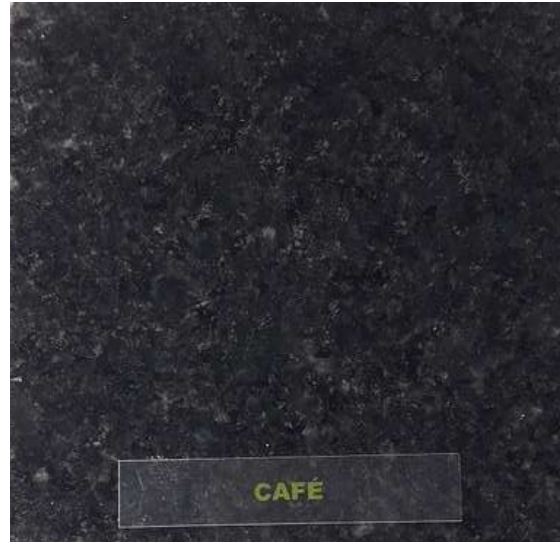
El lavado D (hidróxido de potasio, ácido clorhídrico y acetona, que definiría la clase 1) no se realizó porque es demasiado agresivo para la aplicación de rutina en rocas de revestimiento.

**Figura 11** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida. Muestra referencia, no sujeto a los causadores de manchas.



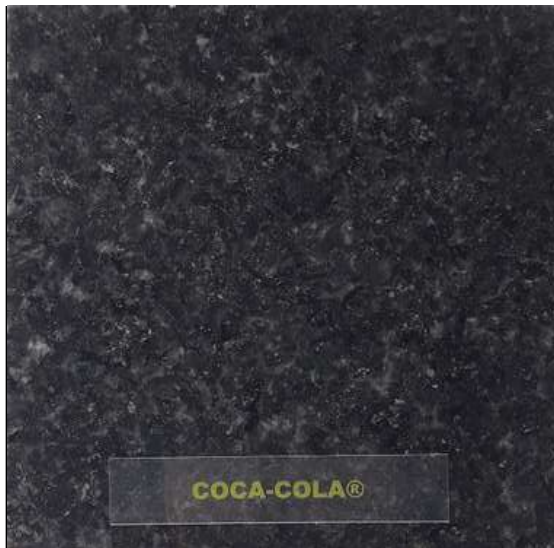
Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 12** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición al café y una operación de limpieza.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 13** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición a la Coca-Cola® y una operación de limpieza.



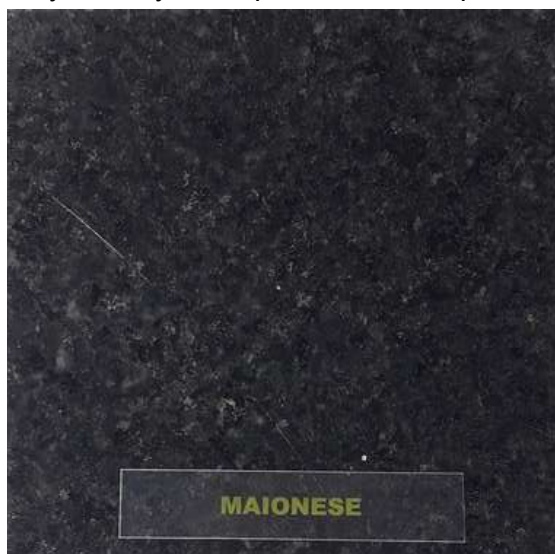
Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 14** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición a la salsa de tomate y una operación de limpieza.



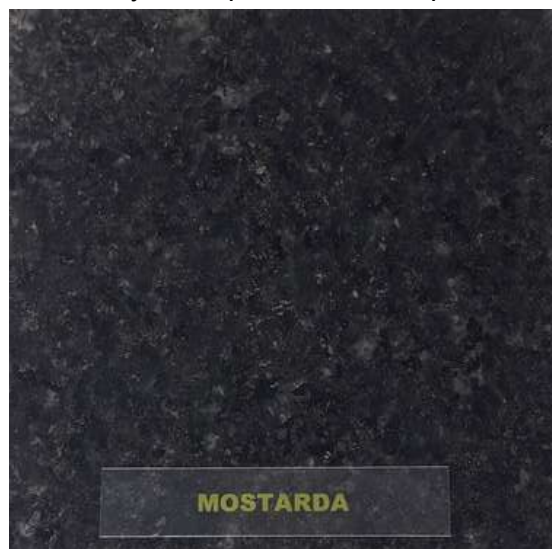
Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 15** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición a la mayonesa y una operación de limpieza.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 16** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición a la mostaza y una operación de limpieza.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 17** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición al aceite de soja y una operación de limpieza.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 18** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición al vinagre y una operación de limpieza.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 19** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición al aceite pulido, después de la exposición al vino lubricante automotriz y una operación de

tinto y una operación de limpieza.



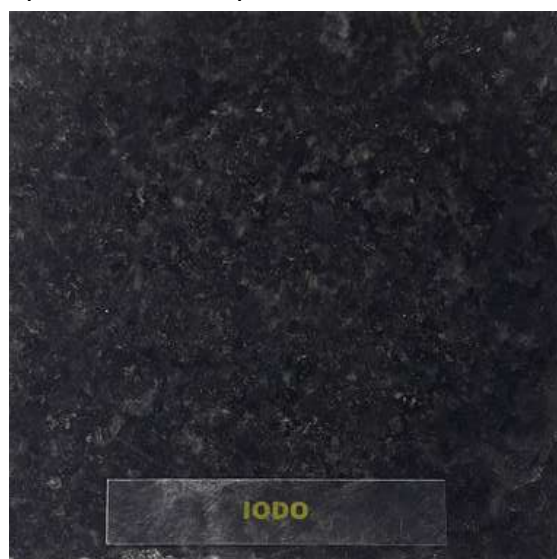
Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 20** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición al aceite pulido, después de la exposición al vino lubricante automotriz y una operación de



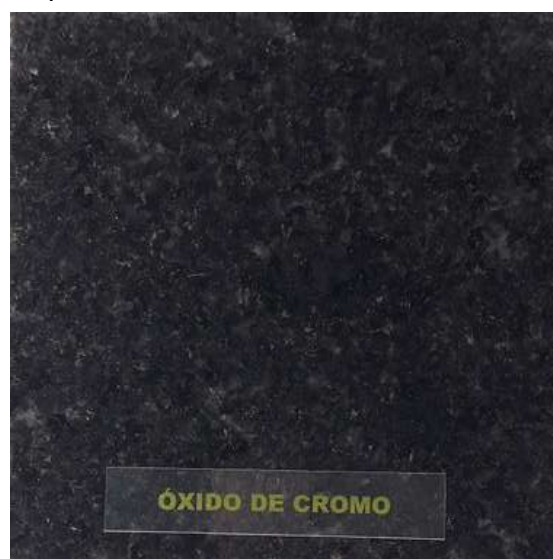
Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 21** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición a la solución alcohólica de yodo y una operación de limpieza.



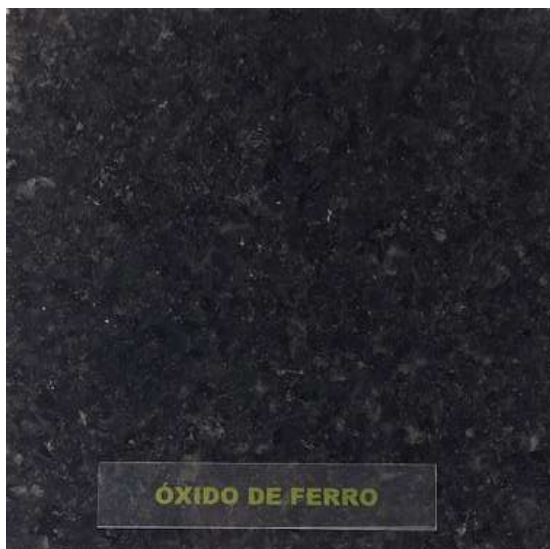
Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 22** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición al óxido de cromo en aceite liviano y una operación de limpieza.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 23** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición al óxido de hierro en aceite liviano y una operación de limpieza.



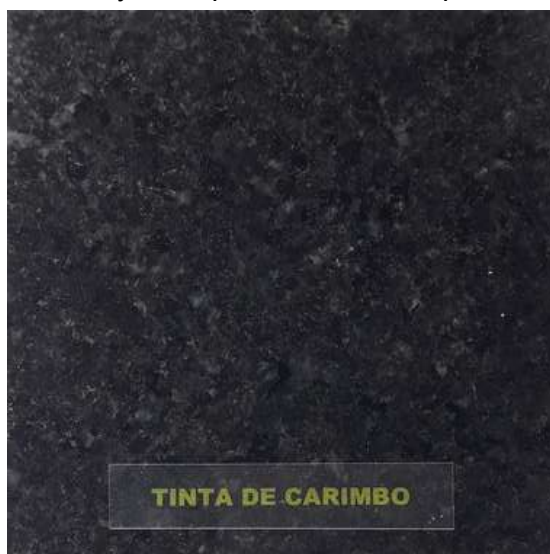
Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 24** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición a la tinta de bolígrafo y dos operaciones de limpieza.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

**Figura 25** – Muestra “Granito Preto São Gabriel” (LMPC n.º 647-22) – superficie pulida, después de la exposición a la tinta de sello y dos operaciones de limpieza.



Origen de la imagen: archivo LMPC.

### EQUIPO TECNICO

Geóloga Me. Priscila Rodrigues Melo Leal

Geóloga Natasha daSilveira Pinto

Técnico Edwin Miranda

Técnico Nilson de Paula

Técnico Vandir Correa dos Santos

São Paulo, 28 de marzo de 2023.

**HABITAÇÃO E EDIFICAÇÕES**  
Laboratório de Materiais para Produtos de Construção  
Geol. MSc. Priscila Rodrigues Melo Leal  
Pesquisadora  
CREA n° 5061868349 – NRE 8477  
[Asignado Digitalmente](#)

**HABITAÇÃO E EDIFICAÇÕES**  
Laboratório de Materiais para Produtos de Construção  
Químico Me. Fabiano Ferreira Chotoli  
Gerente Técnico  
CRQ n.º 04243178 – NRE n.º 8488  
[Asignado Digitalmente](#)