

# Previsão de alterabilidade relativa entre “granitos negros” a partir de lixiviação ácida acelerada

## *Prediction of relative alterability among “black granites” from accelerated acid leaching*

Cavalcanti, E.B.L. <sup>(1)</sup>, Menor, E.A. <sup>(2)</sup>, Araújo Neto, J.N. <sup>(3)</sup>,  
Simão, J. <sup>(4)</sup>, Fontenelle, L.A. <sup>(5)</sup> & Alves Silva, J.W. <sup>(6)</sup>

- (1) UFC/Dep. Geologia (Brasil) elybgeo@gmail.com  
(2) UFPE / PPGMinas (Brasil) menor@terra.com.br (\*)  
(3) UFG / Dep. Geologia (Brasil) josedearaujo@gmail.com  
(4) FCT NOVA / Dep. Ciências da Terra/GeoBio Tec jars@fct.unl.pt  
(5) IFCE / Dep. Química (Brasil) lucas.amorim10@hotmail.com  
(6) UFPE / Dep. Geologia jeffersonwasilva@gmail.com

### Resumo

A performance relativa entre “granitos negros” foi estudada através de ensaios de lixiviação acelerada sobre corpos de prova submetidos a imersão total numa solução de 300 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (pH = 3), ao longo de 8 ciclos de 15 dias. Nos intervalos de cada ciclo foram medidos os brilhos a seco de faces polidas, antes da imersão seguinte dos corpos de prova (5 x 5 x 2 cm) em solução ácida renovada. Os valores de pH foram determinados nas soluções residuais filtradas (< 0,45 µm) de cada ciclo. O comportamento destas variáveis foram interpretadas em termos da dinâmica do processo reativo hidrolítico agindo sobre as composições mineralógicas das rochas testadas, inferindo-se a progressão do estado estético dos corpos de prova por suas perdas relativas de brilho, comparadas aos brilhos iniciais em suas faces polidas. Os resultados em escala de bancada sugerem a viabilidade da previsão comparativa da performance entre esses produtos, considerando-se os seus aspectos estéticos observados em revestimentos externos, sob condições intempéricas e tempos de aplicação similares.

Palavras-chave: “Granitos negros”, lixiviação ácida, alteração de rochas ornamentais.

### Abstract

The relative performance between “black granites” was studied through accelerated leaching tests over polished sample plates (5 x 5 x 2 cm) subjected to total immersion in standard solution 300ml of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (pH = 3) over 8 cycles of 15 days. In each cycle intervals, the glitters of the polished samples were measured before the next immersion in fresh standard acid solution. pH determinations were performed in the filtered residual solutions (< 0.45µm). The behavior of these variables was interpreted considering the dynamics of the hydrolytic reactive process acting on the mineralogical compositions of the tested rocks, in connection with the progression of their aesthetic state progression and relative losses of brightness. The bench scale results suggest the feasibility of comparative performance prediction among these “black granites”, considering their aesthetic behavior observed in external coatings under climatic weathering and similar application times.

Keyw ords: “Black granites”, acid leaching, alteration of ornamental rocks.

## Introdução

A resistência física de revestimentos em granito é bem conhecida, embora suas performances de preservação estética ante o intemperismo constituam sempre objeto de preocupação. Duas grandes dificuldades se interpõem na previsão de como a influência intempérica afeta tais revestimentos:

- A grande variação de condições climáticas a que são submetidos esses produtos. Aí se incluem climas quentes áridos a húmidos, com amplas modulações impostas por influência de ambientes industriais, assim como interferências ou não de *spray* marinho;
- A dificuldade de transpor resultados de estudos de alteração acelerada para as condições reais de aplicação desses produtos líticos, considerando-se previsões precisas e expectativas de preservação estética. Neste sentido, incisivas conclusões de White & Brantley (2003) mostram que esta dificuldade continua não superada.

Em decorrência, a comparação entre produtos similares e concorrentes é ainda um domínio com escassas investigações ou, pelo menos, com pouca divulgação. Este trabalho envolve a comparação entre “granitos negros” com performances diferenciadas segundo o mercado consumidor. Objetiva-se a comparação e performance entre materiais litológicos deste tipo, para dar apoio à definição de aplicações adequadas para os mesmos (ex. Cavalcanti, 2013).

Neste sentido, experimentos de lixiviação ácida acelerada foram realizados para avaliação de alguns “granitos negros” brasileiros, destacando-se os parâmetros de perda relativa de brilho em relação à superfície polida original e variações de pH em soluções ácidas residuais. Os critérios de comparação estética relativa envolveram os mesmos “granitos” observados após 4 a 5 anos da aplicação em revestimentos externos, sob condições ambientais similares. Tais condições incluem clima tropical semi-árido, relativa proximidade da orla litorânea (1 a 2 km), tráfego urbano relativamente intenso, e áreas

populacionais distanciadas de domínios industriais. Estes produtos são aqui designados de GN-1 (qualidade superior), GN-2 (boa qualidade), e GN-3 (qualidade inferior).

## Amostragem e métodos

Foram selecionados três “granitos negros” comerciais recém-polidos não resinados. Suas performances comparativas foram listadas segundo considerações do mercado consumidor, a partir de observações empíricas sobre suas condições de preservação estética ao longo do tempo. De cada produto foram produzidos corpos de prova com 5 x 5 x 2 cm (espessura) ± 1 mm. Os experimentos envolveram lixiviação ácida acelerada por imersão total dessas placas em 350 ml de solução ácida de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a pH = 3 ± 0,1, durante oito ciclos sucessivos de 15 dias (duração total: 120 dias). Após cada ciclo as placas foram rinsadas com água deionizada, secas em CNTP e, após mensuração de seus estados de brilho (utilizando-se um equipamento Gloss Meter), imersas em nova solução padrão de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. O pH das soluções ácidas residuais filtradas (< 0,45 µm) foi determinado com o concurso de PHmetro Quimis modelo Q400AS.

Lâminas delgadas para observação petrográfica permitiram a identificação mineral e composição modal destas rochas (300 pontos em malha).

## Resultados e discussão

Os produtos estudados correspondem a rochas ígneas máficas originais, porém com diferenciações genéticas e de composição modal (Tabela 1). GN-1 e GN-2 são rochas ígneas máficas típicas, a primeira com maior participação de piroxênios + anfibólios e, ambas, com forte participação de plagioclásios cálcicos. Diferentemente, GN-3 é uma rocha orto-metamórfica com marcante presença de quartzo e, acessoriamente, feldspatos potássicos, indicando menor influência de características mantélicas em sua formação.

Os valores de pH das soluções ácidas residuais demonstraram marcada

reatividade nos casos GN-1 e GN-2 em relação a GN-3, nos ciclos iniciais de hidrólise (Figura 1), algo previsível em termos de vulnerabilidade reativa, pela expressiva participação de quartzo em GN-3, sendo este mineral ausente em GN-1 e GN-2. No décimo ciclo (150 dias) a superfície dos corpos de prova

ficou praticamente destituída de seus minerais mais hidrolisáveis de modo que o pH da solução ácida residual estabilizou próximo daquele da solução ácida padrão, consideradas as condições limitadas dos ciclos de imersão (15 dias).

GN-1 confirmou ter melhor qualidade

Tabela 1. Composição modal de alguns “granitos negros” brasileiros

	Px.	Hbl	PI (Ca)	KFs	Bt	Qtz	Opacos	Outros
GN-1	24,0	8,0	41,8	0	17,7	0	6,2	2,3
GN-2	14,3	3,8	59,8	0	20,4	0	1,5	0,2
GN-3	13,4	4,0	32,5	3,4	17,3	20,8	4,6	4,0

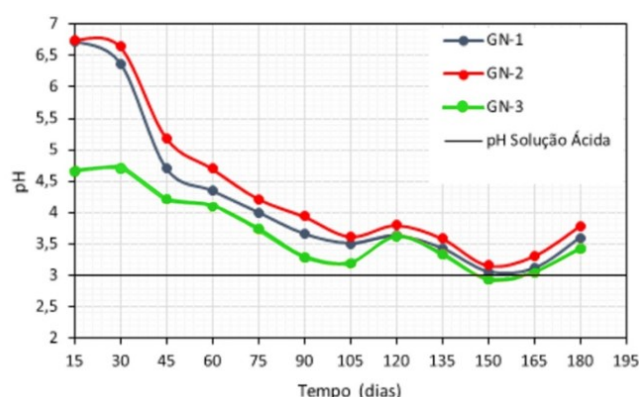


Figura 1. Comportamento médio do pH nas soluções residuais de hidrólise ácida de “granitos negros”, ao longo de sucessivos ciclos de experiências em bancada

em relação a GN-2. Todavia, GN-3 surpreendeu ao sugerir ser o produto de melhor performance, contrariando opiniões empíricas de mercado. Esta discordância é lógica em função da menor presença de minerais mais vulneráveis em GN-3 (piroxênios e plagioclásios cálcicos), em confronto à presença de significativa fração de quartzo, ajustando-se aos conceitos clássicos de alterabilidade expressos em Krauskopf & Bird (1995) e Deer *et al.* (2013), bem tipificados na conhecida Série de Bowen. Estes resultados

relativos se replicam em medidas de brilho e de perda relativa de brilho (Tabela 2). Confirma-se que a performance de GN-1 é superior àquela de GN-2 e que esta, por sua vez, não supera a de GN-3. Estas constatações sugerem que condições iniciais de polimento menos intensivo (padrão < 80) parecem contribuir para uma menor performance de um “granito negro” ao longo do tempo.

As regressões lineares reunindo médias de perda relativa do brilho inicial das placas (Figura 2) confirmaram ser GN-1,

Tabela 2. Relações de brilho inicial (T=0) e das médias de perdas relativas de brilho (T = 30 a 180 dias) de corpos de prova de granitos negros testados por lixiviação ácida acelerada, durante intervalos mensais até 180 dias.

	T 0	T 30	T 60	T 90	T 120	T 150	T 180
GN-1	83,4	21,3	27,5	27,8	29,6	31,9	37,2
GN-2	72,3	29,9	39,2	42,2	44,6	53,4	55,2
GN-3	80,3	21,2	18,0	32,9	36,3	40,0	43,8

previsivelmente, o tipo de melhor qualidade em preservação estética. Sua perda de qualidade de polimento, ao termo do ciclo dos 90 dias, segue praticamente o padrão de uma equação de 1º grau, mantendo-se em progressão aritmética de baixa razão, persistindo

com valores abaixo de 30% em relação ao brilho do polimento original, mal atingindo 35% deste ao fim do ciclo dos 180 dias. O comportamento das regressões lineares dos “granitos” GN-2 e GN-3 é definido por equações de 2º grau e natureza exponencial, notadamente no caso do GN-3.

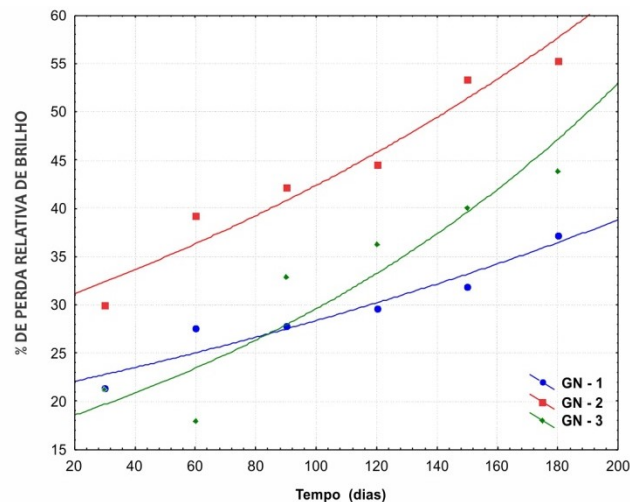


Figura 2. Regressões lineares do comportamento de perda relativa de brilho de placas de distintos “granitos negros” (GN), sob lixiviação ácida acelerada.

## Conclusão

Testes de lixiviação ácida acelerada, com solução padrão de  $H_2SO_4$  a  $pH=3$ , podem ser utilizados para reconhecimento dos melhores “granitos negros”, em termos de preservação estética ante o intemperismo, visando-se revestimentos externos de edifícios. Mesmo não oferecendo uma perfeita indicação qualitativa sequencial, os resultados são consistentes para esta finalidade, desde que os experimentos de lixiviação ácida compreendam ciclos continuados de 15 dias, cobrindo pelo menos de 4 a 5 meses em tempo total. Os melhores produtos são estatisticamente caracterizados por regressões lineares de 1º grau em relação às suas respectivas perdas relativas de brilho, mantendo-se em progressão aritmética com baixa razão. Além disso, não ultrapassam 30% de perda relativa de brilho original em placas lustradas, ao fim de 4 meses sob imersão total em solução ácida, por ciclos intercalados de 15 dias. Os testes de bancada mostram que o brilho original de placas polidas para revestimentos externos não deve,

originalmente ser inferior ao padrão 80, por comprometer precocemente a performance do produto lítico.

## Referências

- Cavalcanti E.B.A.L. 2013. Estudo comparativo de algumas rochas ornamentais tipo “granito preto” por alterabilidade e gelo-degelo: uma nova abordagem geoestatística. Recife, UFPE/ PPGGeoc. Tese Dout., 152 p.
- Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. (eds), 2015. An introduction to the rock forming minerals. London, London Mineral. Soc., 498 p.
- Krauskopf K.B., Bird D.K., 1995. Introduction to Geochemistry. N. York, McGraw-Hill, 647 p.
- White A.F. & Brantley S.L., 2003. The effect of time on the weathering of silicate minerals: why do weathering rock differ in the laboratory and field? *Chem. Geol.*, 203(3-4): 479-506.