

Determinação das Condições para Otimização do Processo de Resinagem

Karen Gonçalves Rachele

Bolsista de Iniciação Científica, Engenharia Química, UERJ

Julio Cesar Guedes Correia

Orientador, Químico, D. Sc.

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Co-orientador, Profº Eng. Químico, D. Sc.

Resumo

O processo de utilização de resinas em rochas ornamentais é importante, devido a sua função na melhoria da qualidade da superfície da chapa. Mas, na grande variedade de rochas ornamentais encontradas, observam-se comportamentos diferenciados quanto à adsorção das resinas à superfície das rochas, podendo ocorrer trincamentos e geração de bolhas na superfície da chapa da rocha. Com isso, pretende-se determinar o mineral, presente na estrutura do granito, responsável pela melhor interação com a resina. Para tal, realizaram-se ensaios de adsorção em laboratório e simulação da interação resina/minerais, por meio de modelagem molecular. Verificou-se que o mineral feldspato, apresentou os melhores resultados de adsorção química, sendo corroborado pela modelagem molecular. Conclui-se que a modelagem molecular é uma ferramenta capaz de prever o comportamento da resina frente à adsorção na superfície das rochas ornamentais e juntamente com análises mineralógicas prévias dos materiais podem indicar uma resina adequada para cada tipo de rocha.

1. Introdução

1.1. Resinagem

O processo de resinagem ocorre durante a etapa de beneficiamento das rochas e é definida como o acabamento de superfície em mármore e granitos feitos a partir da aplicação de resina líquida, geralmente, do tipo epóxi, e lustração da mesma, cobrindo os poros que existem nas pedras dando um melhor polimento e brilho superior. Esta técnica visa uma melhoria no desempenho e durabilidade das rochas ornamentais ao longo do tempo, bem como eliminar algumas imperfeições, rachaduras e trincas presentes nas rochas. Com isto, observou-se uma grande diminuição nas perdas de matéria prima, uma melhoria na qualidade do material e, conseqüentemente, aumento dos lucros. Embora a resinagem em chapas de granito tenha sido questionada no início de seu uso, atualmente não se pode pensar mais neste mercado sem a sua utilização. Hoje, quase 100% das chapas de granitos exportadas são resinadas (Lopes, 2003).

1.2. Resina Epóxi

As resinas epóxi são uma das mais importantes classes de polímeros termoestáveis usados para aplicações estruturais ou como adesivos, pois mostra alta força de tensão e módulo, fácil processamento, boa resistência

química e térmica. Entretanto, em muitas aplicações, sua baixa resistência à fratura é a sua maior deficiência. Quanto à estabilidade química, o epóxi é um dos termorrígidos mais inertes e possui boa estabilidade dimensional em serviço. Como as resinas epoxídicas não secam por si só, necessitam serem modificadas com certos ácidos graxos ou combinadas com agentes de cura, formando uma estrutura tridimensional por polimerização ou *crosslinking* com alguns materiais, para formarem um filme sólido à temperatura ambiente (Pires *et al.* 2005).

1.3. Granitos

O granito é composto principalmente de quartzo, feldspato e micas, além de outros minerais, que se podem encontrar em menores proporções e que recebem a denominação de acessórios (Dana, 1970). No estado bruto é indicado para calçamento de ruas, ou qualquer outro espaço de tráfego intenso ou de serviços pesados. Admite ser polido, lustrado, apicoado, levigado ou flamado, próprio nestes casos para revestimento de pisos e paredes, interno ou externo.

1.4. Adsorção da Resina na Superfície das Rochas Ornamentais

Devido à enormidade de materiais a serem resinados e cada um quase que único em suas características, analisar fatores como a temperatura ideal para resinagem e a composição química do material a ser resinado é de extrema importância para que um processo de resinagem seja bem sucedido. Segundo informações de produtores de rochas ornamentais, durante o processo de resinagem das rochas, observaram-se comportamentos diferenciados no que concerne a adesão ou ancoragem da resina em diferentes superfícies de granito. Em alguns casos, observa-se que a resina apresenta baixa ancoragem gerando bolhas, desprendimentos e trincas. Este comportamento diferenciado dos granitos frente à adesão da resina não apresenta estudos referenciados na literatura, porém a variada composição química dos granitos e a temperatura de resinagem podem ser os responsáveis pela diferença de ancoragem da resina.

2. Objetivo

Baseado nos fatos relatados, o objetivo deste trabalho é avaliar o processo de adsorção de quatro resinas diferentes, utilizadas comumente no setor de rochas ornamentais, em três tipos de granitos, de composição química distinta, em condições de temperatura diferentes, por meio de ensaios laboratoriais e simulação em modelagem molecular.

3. Experimental

3.1. Origem dos Materiais

Utilizaram-se três tipos de granitos, Cinza Rodeio, Crema Vernato e Fiorito, que apresentaram comportamentos diferenciados no processo de resinagem, e quatro tipos de resinas utilizadas no setor, identificadas neste

trabalho como A, B, C e D. Todos os materiais foram fornecidos pelo Pólo Tecnológico de Rochas Ornamentais, da região de Cachoeiro de Itapemirim – ES.

3.2. Ensaios Laboratoriais para Caracterização dos Granitos

Os três tipos litológicos de granito foram britados, moídos e peneirados para obtenção de um pó de granito com tamanho de partícula inferior a 0,037 mm que serviu de base para os ensaios de análise química e adsorção físico-química.

3.2.1. Ensaio de Adsorção Físico-Química

Para o processo de adsorção pesou-se 0,5 g de cada granito (< 0,037 mm) em tubos de centrífuga. A cada tubo adicionou-se 25 mL de solução de uma das resinas, diluída em tolueno, em concentrações de 0,001; 0,005 e 0,01 g.mL⁻¹. A seguir os tubos foram agitados durante 4 horas. Após esse período o material foi centrifugado durante 30 min em centrífuga a 3000 r.p.m. Cada material sobrenadante foi analisado em espectrofotômetro de Ultravioleta- Visível (UV), em comprimento de onda fixo em 402 nm (Ribeiro,2006). O mesmo procedimento foi realizado para os quatro tipos de resina em duas condições de temperatura de agitação diferentes, a temperatura ambiente e a 45°C.

3.3. Avaliação da Interação Resina/Rocha por meio de Modelagem Molecular

3.3.1. Modelagem da Estrutura da Resina Epóxi

Por meio do programa *Hyperchem 7.0*, modelou-se a estrutura hipotética do polímero constituinte da resina A, por meio de informações da literatura (Downs e Hall-Wallace, 2003), bem como dos parâmetros obtidos por RMN de ¹H e ¹³C, espectroscopia de infravermelho e massas. A fim de se obter a conformação mais estável, aperfeiçoou-se a geometria da estrutura por meio do módulo *geometry optimization*.

3.3.2. Simulação das Estruturas dos Granitos

Modelaram-se as estruturas dos minerais quartzo e feldspato do módulo *crystals* do programa *Hyperchem 7.0*.

3.3.3. Interação Resina/Rocha

Interagiu-se a conformação mais estável da resina com os dois minerais principais constituintes dos granitos e por meio da otimização da geometria das duas espécies juntas obteve-se a energia potencial do sistema. O processo de interação foi simulado a 25°C (temperatura ambiente) e a 45°C assim como no processo de adsorção físico-química.

4. Resultados e Discussões

4.1. Análise Petrográfica e Mineralógica dos Granitos

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos na análise petrográfica e mineralógica dos granitos que determinaram o grau de alteração das rochas e a quantidade relativa de quartzo, K-feldspato e plagioclásio. Em termos de quartzo, a maior quantidade está presente na rocha Crema Venatto, seguida pela rocha Cinza Rodeio. Já para o k-feldspato a maior quantidade está na rocha Fiorito e a menor na Cinza Rodeio. Enquanto que, o plagioclásio é encontrado em maior quantidade na rocha Cinza Rodeio.

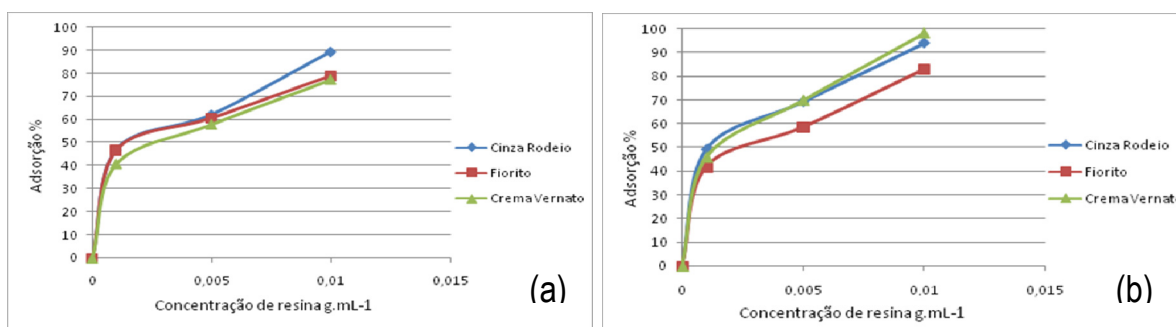
Observou-se que das 3 rochas estudadas a Crema Venatto apresentou estado de alteração avançada caracterizada principalmente pelos cristais de k-feldspato que encontram-se bastante microfraturados e alterados para argilo-minerais. A rocha Fiorito em geral esta moderadamente alterada, mais os cristais de k-feldspato e plagioclásio apresentam um nível avançado de alteração para argilo-minerais. Já a Cinza Rodeio é a menos alterada, mas pontualmente os plagioclásios presentes apresentam-se alterados.

Tabela 1. Análise Mineralógica dos Granitos.

	Fiorito	Crema Vernato	Cinza Rodeio
Quartzo	25-28%	30-55%	28-32%
K-feldspato	40-45%	35-40%	4-6%
Plagioclásio	10-13%	20-22%	30-34%
Nível de alteração da rocha	moderada	Muito alterada	Pouco alterada

4.2. Ensaio de Adsorção Físico-Química

A figura 1 (a) apresenta os resultados de adsorção da resina na superfície dos três granitos, onde se pode verificar que o aumento da concentração da resina favorece a adsorção por parte de ambos os granitos. No entanto, verifica-se uma adsorção mais efetiva por parte do granito B, que atingiu valores máximos de adsorção de 85%, a partir de, aproximadamente, 11 mg/L de resina, ficando constante até uma concentração de 18 mg/L. Tais resultados indicam que, possivelmente, o alto teor de feldspato presente no granito B foi o responsável pela maior adsorção para os granitos estudados.



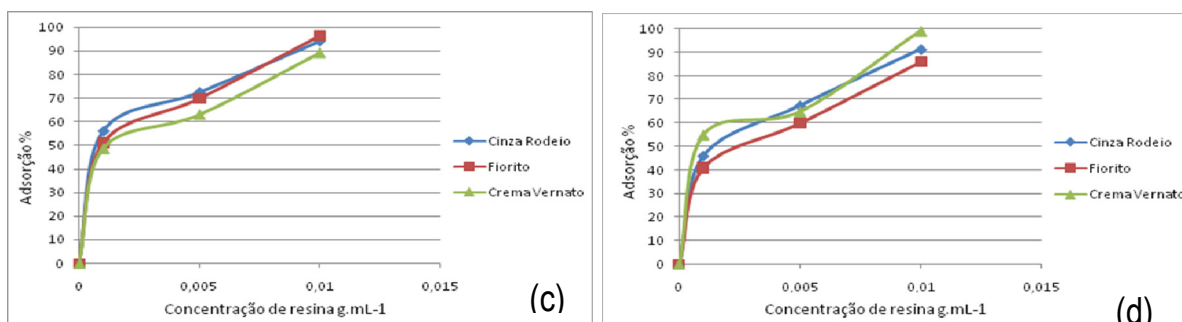


Figura 1 (a). Adsorção *versus* concentração de resina A nas superfícies dos granitos; Figura 1 (b). Adsorção *versus* concentração de resina B nas superfícies dos granitos; Figura 1 (c). Adsorção *versus* concentração de resina C nas superfícies dos granitos; Figura 1(d). Adsorção *versus* concentração de resina D nas superfícies dos granitos.

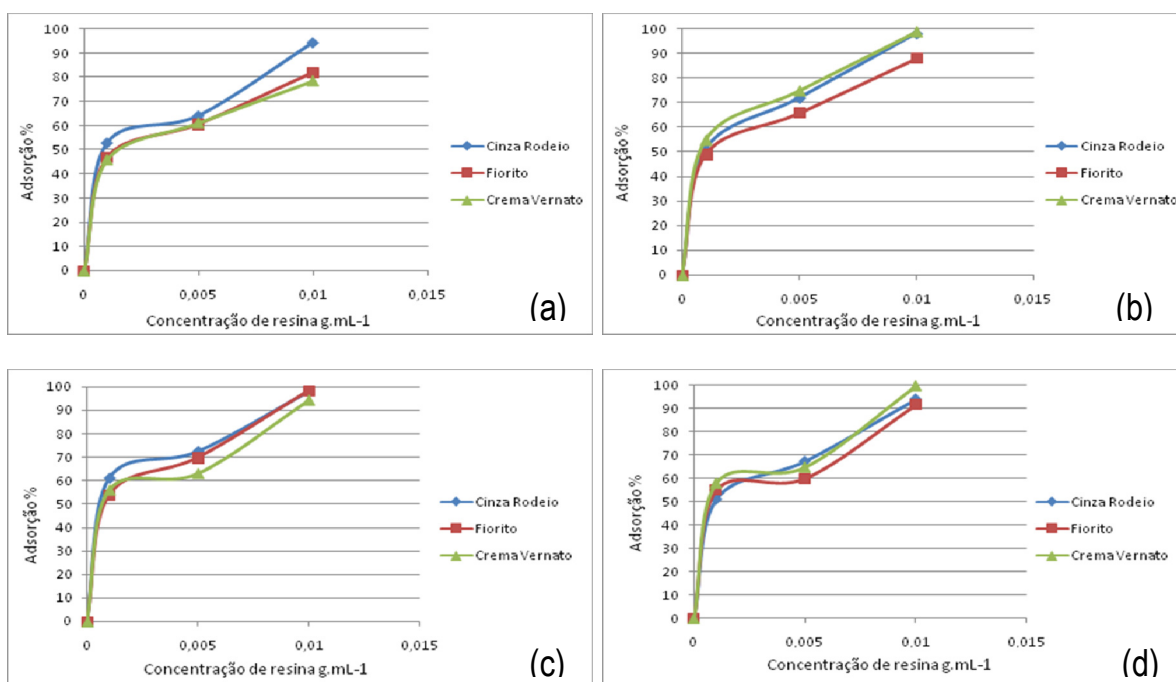


Figura 2 (a). Adsorção *versus* concentração de resina A nas superfícies dos granitos; Figura 2 (b). Adsorção *versus* concentração de resina B nas superfícies dos granitos; Figura 2 (c). Adsorção *versus* concentração de resina C nas superfícies dos granitos; Figura 2 (d). Adsorção *versus* concentração de resina D nas superfícies dos granitos.

4.3. Avaliação da Interação Resina/Rocha por meio da Modelagem Molecular

4.3.1. Modelagem e Otimização da Estrutura da Resina

Com base nas informações da literatura e dos resultados de RMN de ^1H e ^{13}C e espectroscopia de infravermelho, confeccionou-se a estrutura da resina A, que está apresentada na figura 2. Os carbonos estão representados pela cor vermelha, os hidrogênios pela cor branca e os oxigênios pela cor amarela. Depois de otimizado, o valor de energia potencial obtido para a conformação mais estável da estrutura foi de 18,74 J.

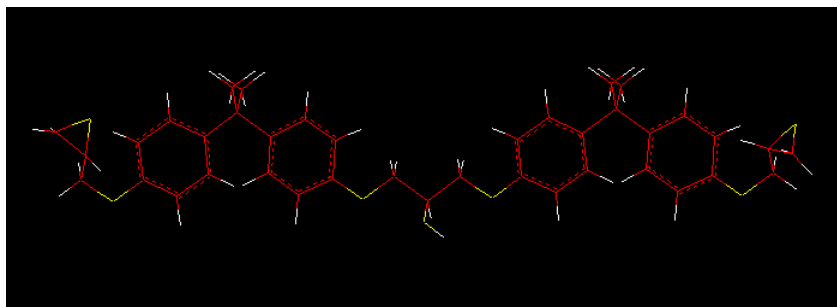


Figura 2. Estrutura da Resina

4.3.2. Simulação da Estrutura dos Minerais

Utilizou-se a estrutura dos cristais de feldspato e quartzo, principais constituintes dos granitos, que estão apresentados, respectivamente, na figura 3 (a) e (b).

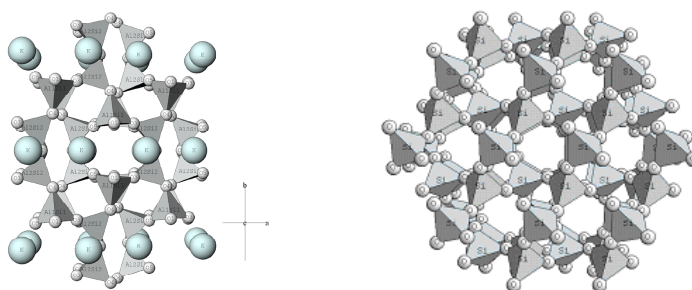


Figura 3 (a). Estrutura cristalina do feldspato; (b). Estrutura cristalina do quartzo.

4.3.3. Interação Resina/Mineral

Os resultados obtidos no processo de interação Resina/Mineral estão apresentados na tabela 2. Observa-se que todos os sistemas apresentaram valores de energia potencial inferiores ao valor apresentado pela resina isolada (18,74J), indicando que a interação é favorável. O menor valor foi obtido na interação com o feldspato a 45°C (8,21 J) representando a melhor interação entre os minerais. Tal fato pode estar relacionado à presença em sua estrutura do átomo de alumínio altamente polarizante capaz de produzir uma forte atração dipolo-dipolo com a estrutura da resina A (Kotz e Treichel, 2005). Esse resultado é compatível com os resultados obtidos no ensaio de adsorção físico-química que indicaram maiores valores de adsorção da resina A na superfície do granito com maior teor de feldspato em sua composição.

Verifica-se também que os valores de energia potencial obtidos diminuem com o aumento da temperatura do sistema para os dois minerais, indicando que a interação é mais favorável a maior temperatura e corroborando também os resultados obtidos no ensaio de adsorção que mostraram um aumento dos valores de adsorção com o aumento de temperatura.

Tabela 2. Energia Potencial dos Sistemas Resina/Rocha

	25°C	45°C
Resina A/Quartzo	13,44	11,91
Resina A/Feldspato	8,77	8,21

5. Conclusões

Pôde-se concluir que a adsorção ou ancoragem da resina na superfície dos granitos é favorecida em granitos que apresentam o mineral feldspato em maior proporção em sua estrutura. Com isso, pode-se determinar, por meio de análises petrográficas e mineralógicas prévias nos granitos, se o processo de resinagem terá ou não um bom desempenho. Dessa forma, reduzem-se os gastos em aplicação de resinas, que certamente teriam problemas de ancoragem e há a possibilidade de se estudar formas de se alterar, por meio de reações orgânicas, a composição da resina para melhor aplicação em granitos com maior teor de quartzo ou outros minerais.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Cetem pela infraestrutura laboratorial oferecida, ao CNPq pelo suporte financeiro, a D.Sc. Joedy Patricia Queiroz pela ajuda na discussão dos dados petrográficos/ mineralógicos e aos técnicos Elton e Felipe que auxiliaram neste trabalho.

7. Referências Bibliográficas

- CARRISSO, R. C. C., VIDAL, F. W. H. e CARVALHO, M. R. S., **Avaliação de Granitos Ornamentais do Sudeste através de suas Características Tecnológicas, V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, Recife – PE, 2005.
- DANA, J. D., **Manual de Mineralogia**, v. 1 e 2, EDUSP, São Paulo, 1970.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. e ZUSSMAN, J., **“Minerais Constituintes das Rochas – Uma Introdução”**, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal, 1966.
- DOWNS, R.T. e HALL-WALLACE, M., **The American Mineralogist Crystal Structure Database**, American Mineralogist 88, 2003, pp. 247-250.
- LOPES, L. Resinagem em Chapas de Granito, **Dissertação de Mestrado, Instituto de Química, UFCE**, 2003.
- Pires, G., Pereira, D. S., Filho, N. L. e Vecchia, G. D., **Caracterização Físico-Química e Mecânica do Sistema Éster de Silsexquioxano/ Resina Epóxi Dgeba/ Dietilenotriamina**, Revista Matéria, v.10, p.68-76, 2005.
- RIBEIRO, R. C. C., **“Avaliação da Interação Asfalto/Brita”**, Tese de Doutorado, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- KOTZ & TREICHL, **Princípios de Química Geral**, Rio de Janeiro, RJ, 2005.