

Série Tecnologia Ambiental

Estudo da Utilização de Resina Vegetal no Beneficiamento de Rochas Ornamentais por meio de Modelagem Molecular

Kelly Fernandes Pessoas

Julio Cesar Guedes Correia

Alexandre Nelson Martiniano Carauta

Fernanda Barbosa da Silva

Letícia Maia Prates

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

**Estudo da Utilização de Resina Vegetal no
Beneficiamento de Rochas Ornamentais por meio de
Modelagem Molecular**

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Michel Miguel Elias Temer Lulia

Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

Gilberto Kassab

Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia, Inovações e
Comunicações

Elton Santa Fé Zacarias

Secretário-Executivo

Luiz Henrique da Silva Borda

Coordenador-Geral das Unidades de Pesquisa e Organizações
Sociais

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Fernando Antonio Freitas Lins

Diretor

Arnaldo Alcover Neto

Coordenador de Análises Minerais

Claudio Luiz Schneider

Coordenador de Processos Minerais

Durval Costa Reis

Coordenador de Administração

Robson de Araújo D'Ávila

Coordenador Substituto de Planejamento, Gestão e Inovação

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Coordenador de Apoio Tecnológico às Micro e Pequenas Empresas

Andréa Camardella de Lima Rizzo

Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

ISSN 0103-7374

ISBN – 978-85-8261-059-6

STA - 92

Estudo da Utilização de Resina Vegetal no Beneficiamento de Rochas Ornamentais por meio de Modelagem Molecular

Kelly Fernandes Pessoa

Química Industrial, FTESM.

Julio Cesar Guedes Correia

Químico Industrial, D.Sc., CETEM/MCTIC.

Alexandre Nelson Martiniano Carauta

Químico, D.Sc., PUC/RJ.

Fernanda Barbosa da Silva

Química Industrial, D.SC., EQ/UFRJ.

Letícia Maia Prates

Química, Mestranda, UERJ.

CETEM/MCTIC

2016

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

Luis Gonzaga Santos Sobral

Editor

Andréa Camardella de Lima Rizzo

Subeditora

CONSELHO EDITORIAL

Marisa Bezerra de M. Monte (CETEM), Paulo Sergio M. Soares (CETEM), Saulo Rodrigues P. Filho (CETEM), Sílvia Gonçalves Egler (CETEM), Vicente Paulo de Souza (CETEM), Antonio Carlos Augusto da Costa (UERJ), Fátima Maria Zanon Zotin (UERJ), Jorge Rubio (UFRGS), José Ribeiro Aires (CENPES), Luis Enrique Sánches (EPUSP), Virginia Sampaio Ciminelli (UFMG).

A Série Tecnologia Ambiental divulga trabalhos relacionados ao setor minerometalúrgico, nas áreas de tratamento e recuperação ambiental, que tenham sido desenvolvidos, ao menos em parte, no CETEM.

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

Valéria Cristina de Souza

Coordenação Editorial

Editoração Eletrônica

Revisão

Julio Cesar Guedes Correia

Pessoa, Kelly Fernandes.

Estudo da utilização de resina vegetal no beneficiamento de rochas ornamentais por meio de modelagem molecular / Kelly Fernandes Pessoa [et al.]. __Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2016.

28p.: il. (Série Tecnologia Ambiental, 92)

1. Rochas Ornamentais. 2. Resinas. 3. Modelagem molecular. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Correia, Julio Cesar Guedes. III. Carauta, Alexandre Nelson Martiniano. IV. Silva, Fernanda Barbosa. V. Prates, Leticia Maia. VI. Título. VII. Série.

CDD – 620.1312

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Modelagem Molecular	14
4 MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 Modelagem Molecular das Resinas	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
6 CONCLUSÕES	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

RESUMO

As rochas ornamentais são extraídas como blocos e passam por processos de corte e etapas de beneficiamento com o objetivo de alterar suas características visuais e estruturais. A resina epóxi é o principal produto utilizado com a finalidade de polimento das rochas ornamentais; porém, o seu elevado custo e toxicidade são desfavoráveis para sua aplicação industrial. A crescente preocupação com o meio ambiente ea busca pelo desenvolvimento de produtos e tecnologias mais limpas tem contribuído para um maior interesse no uso de materiais de fontes renováveis. Sendo assim, os óleos vegetais surgem como boa alternativa na obtenção de polímeros/resinas com diversas aplicações. O presente trabalho teve como objetivo comparar a interação das resinas obtidas a partir do cardanol com a resina epóxi na aplicação no mineral albita, componente das rochas ornamentais, por modelagem molecular. Os resultados obtidos são satisfatórios pois os ensaios computacionais mostraram que a estrutura da molécula do cardanol é capaz de interagir com a do mineral albita, e apresentaram capacidade de interação superior ao da resina epóxi.

Palavras-chave

rochas ornamentais, resinas, modelagem molecular.

ABSTRACT

Ornamental rocks are extracted as blocks and undergo cutting processes and processing steps aiming at altering their visual and structural characteristics. The epoxy resin is the main product used for the purpose of polishing the ornamental rocks; however, its high cost and toxicity are unfavorable for its industrial application. The growing concern about the environment and the search for developing cleaner products and technologies has contributed to a greater interest in the use of materials from renewable sources. Thus, vegetable oils appear as a good alternative in obtaining polymers/resins with a great deal of applications. The aim of the present work was to compare the interaction of resins out of cardanol with the epoxy resin in the application to the mineral albite, a component of ornamental rocks, by molecular modeling. The results obtained are satisfactory since the computational tests showed that the structure of the cardanol molecule is capable of interacting with that of the mineral albite and showed superior interaction capacity to the epoxy resin.

Keywords

ornamental rocks, resin, molecular modeling.

1 | INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais englobam um grupo de rochas naturais extraídas como blocos ou placas que passam por operações de corte e etapas de beneficiamento com o objetivo de alterar suas características visuais e estruturais. Tais operações incluem polimento, lustro, apicoamento entre outros. São utilizadas em diversos setores como em revestimentos internos e externos de edificações, incluindo-se pisos, azulejos, pilastras e fachadas bem como estátuas, estruturas funerárias, balcões e decoração de ambientes (LEITE & FUJACO, 2013).

Visando uma melhoria no desempenho e durabilidade das rochas ornamentais ao longo do tempo, essas são submetidas a um processo de resinagem, durante a etapa de beneficiamento. Esta técnica utiliza a aplicação de resinas como forma de eliminar algumas imperfeições, rachaduras e trincas presentes nas rochas (LOPES, 2003). O uso de resinas visa, também, proteger a superfície das rochas evitando manchas e retardando o desgaste mecânico e ataques químicos.

A resina deve se infiltrar por entre os poros presentes no granito para promover uma vedação, preenchendo, com isso, as cavidades e reforçando a estrutura da chapa de granito reduzindo, assim, a adsorção de água. Grande parte das empresas no mundo utiliza como protetor as resinas epóxi (RACHELLE, 2009). Estas apresentam características adequadas para proteção de estruturas, tais como estabilidade térmica, elevada resistência mecânica e tenacidade, boa resistência química, além de propriedades térmicas, adesivas e elétricas (HERNÁNDEZ, 2010).

Grande parte das resinas epóxi é resultante da reação de condensação entre epicloridrina e grupos fenólicos. As mais comuns são derivadas da reação entre bisfenol A e epicloridrina, que são substâncias tóxicas e com elevado poder carcinogênico (LEITÃO, 2013).

A crescente preocupação com o meio ambiente e a busca no desenvolvimento de produtos e tecnologias mais limpas, com o propósito de se alcançar sustentabilidade, abriram novas perspectivas ao desenvolvimento de pesquisas a partir de fontes renováveis.

O cardanol é um monofenol com uma cadeia alifática contendo quinze carbonos na posição meta. Esta longa cadeia carbônica é uma mistura de compostos saturados, do tipo mono-, di- e tri-saturados, cujo grau de insaturação confere propriedades específicas ao composto como, por exemplo, facilidade em formar polímeros. Por ser um subproduto da indústria de castanha, o seu aproveitamento pode ser considerado uma inovação tecnológica (MAZZETTO *et al.*, 2009). As moléculas da resina epóxi (Figura 1) e do cardanol (Figura 2) são compostos que podem interagir com minerais possibilitando o seu uso como protetivo.

A importância da resinagem para o setor industrial das rochas ornamentais motivou o estudo de novas técnicas capazes de compreender, a nível molecular, o processo de aderência dessas resinas, identificando os principais sítios ativos e o tipo de energia que melhor contribui para a interação entre o mineral e a resina e, dessa forma, propor um produto mais adequado e com menor custo de produção.

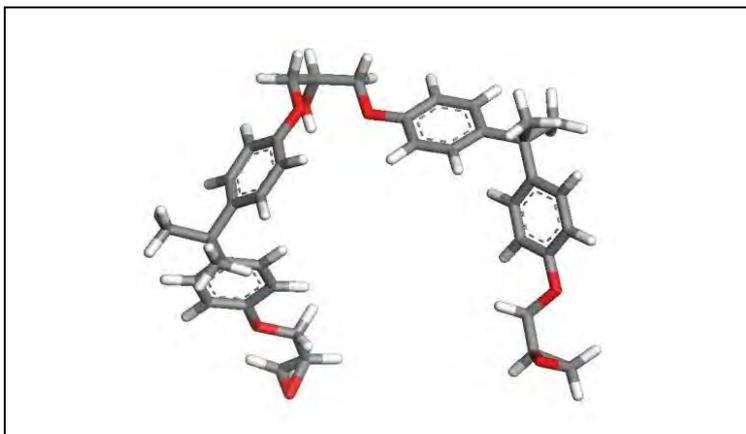
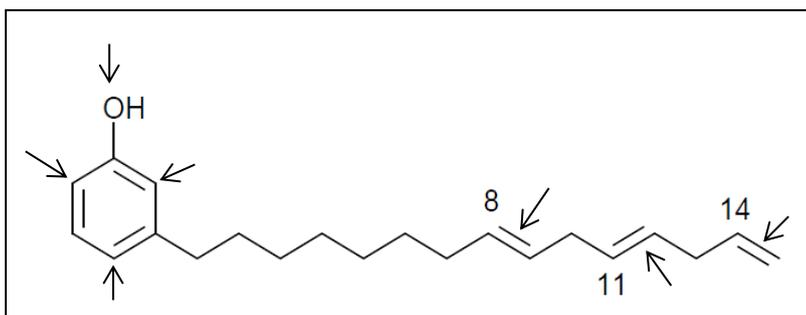


Figura 1. Estrutura da molécula da resina epóxi.



Fonte: Moreira *et al.*, 1998.

Figura 2. Molécula do cardanol e seus sítios ativos.

Neste contexto, a Modelagem Molecular apresenta-se como uma importante ferramenta capaz prever o comportamento das moléculas mediante o entendimento de sua estrutura, arranjo, movimento e interação nos sistemas reais. A principal vantagem da Modelagem Molecular é a redução do tempo e do custo em relação aos métodos experimentais já que, com o conhecimento de determinadas propriedades ou possíveis tendências, algumas etapas de bancada podem ser descartadas.

2 | OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo utilizar o método de Modelagem Molecular para comparar o processo de interação das resinas obtidas a partir do óleo do cardanol e da resina epóxi com o mineral albita, componente das rochas ornamentais, por meio de simulação desse tipo de modelagem.

3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 | Modelagem Molecular

A modelagem molecular é uma técnica computacional que permite a construção e conseqüente visualização da estrutura de determinadas substâncias, analisando a posição dos átomos que as compõem, permitindo que se executem medições de distâncias entre diferentes moléculas, além de simular as melhores condições de algumas reações e os melhores reagentes a serem utilizados (CORREIA *et al.*, 1998).

A história da modelagem mostra que esta técnica começou de forma limitada, tendo como princípio a representação de moléculas através de fórmulas estruturais. Porém, como esta técnica possuía algumas limitações, ela só teve avanços no final da década de 1960, com o desenvolvimento da tecnologia computacional (*hardware* para a velocidade de cálculo e *software* nos programas da própria modelagem).

Esse avanço permitiu a expansão de possibilidades para se trabalhar com sistemas muito mais complexos e sistemas com grande número de átomos. Porém, para que se torne válido, este método precisa estar apoiado em técnicas experimentais (CARVALHO, 2012), isto é, para confirmar as propriedades do sistema, se faz necessário a comprovação do mesmo na prática.

A maior parte dos programas de modelagem tem a capacidade de representar a estrutura molecular. Uma das qualidades de um programa deste tipo está ligada à habilidade de adotar o princípio de transferência que nada mais é do que reconhecer os padrões existentes no programa e aplicá-los em uma nova

molécula que possua as mesmas características; com isso, uma molécula pode ser modelada, mesmo que sua estrutura não esteja no banco de dados do programa. A descrição detalhada da estrutura da molécula permite estudar suas interações intermoleculares, mudanças na análise conformacional sofridas durante a interação, suas energias envolvidas em seus processos termodinâmicos, descrever seus orbitais moleculares gerando representações realistas e o cálculo de propriedades físico-químicas (ANDREI, 2003).

Esta técnica tem sido vista como opção eficiente, pois como calcula a estrutura prevendo ou transpondo a mesma de forma rápida e precisa, diminui os custos na compra de recursos e otimiza o tempo usado com os métodos experimentais e possui uma extensa aplicabilidade como, por exemplo, o uso nas pesquisas de farmacóforos.

A modelagem molecular usa a química teórica como ferramenta matemática. Existem muitas opções para o cálculo na modelagem. Os métodos chamados de clássicos diferem, basicamente, quanto a natureza do campo de força, ou seja, do conjunto de funções de energia e parâmetros numéricos associados (BARREIRO *et al.*, 1997). Já os métodos quânticos diferem no nível **d** e aproximação utilizada no tratamento eletrônico do sistema.

Os métodos podem ser baseados na **mecânica clássica**, sendo totalmente empíricos e intitulados de **mecânica molecular**, ou nos **métodos quânticos (mecânica quântica)**, sendo completamente teóricos, onde os métodos são divididos em métodos **ab initio** e **semiempíricos**.

A seleção do método mais propício levará em consideração o conhecimento pleno do sistema químico a ser estudado, o tempo disponível para a realização dos cálculos, a precisão e as limitações de *hardware* e deve estar apto para representar as interações inter e intramoleculares realizando os cálculos necessários para compor um modelo.

3.1.1 | Mecânica molecular

O método de mecânica molecular baseia-se na visão clássica da estrutura molecular como um conjunto de esferas unidas por molas com constantes de força características (BURKET, 1982). As esferas farão o papel de núcleo e as molas as das ligações. Já que neste método não se utiliza os elétrons, o cálculo da energia é feito considerando apenas o movimento de seus núcleos. É por isso que a energia calculada da molécula ou de um sistema não irá equiparar-se energia real, já que a contribuição da energia dos elétrons não é avaliada (LEACH, 1998; BARREIRO *et al.*, 1997).

O campo de força é o fundamento para os cálculos em mecânica molecular e é formado pela soma de termos de energia associados às posições de equilíbrio e geometria do sistema. Esses cálculos utilizam equações que calculam as variações da energia potencial visando atingir valores e estruturas de mínima energia. Estas forças podem ser representadas como funções de energia potencial que possuem características estruturais, tais como interações não ligantes, comprimento e ângulo de ligação, ângulos diedros, interações de van der Waals, ligações de hidrogênio, interações eletrostáticas entre outras.

Cada campo de força é produzido para conter um repertório com diferentes tipos átomos sendo capaz de distinguir cada estrutura individualmente considerando seu ambiente, isto é, ele conseguirá diferenciar a ligação presente entre um carbono ligado a um radical daquele ligado a uma hidroxila, entre outros, transportando seus parâmetros para moléculas semelhantes.

3.1.2 | Mecânica quântica

Os métodos quânticos são fundamentados nas leis da mecânica quântica e os orbitais moleculares são representados como uma combinação linear dos orbitais atômicos. Diferente do caso da mecânica molecular em mecânica quântica os núcleos e os elétrons são considerados enfaticamente em seus cálculos, o que faz ser viável a derivação de propriedades moleculares dependentes da distribuição eletrônica e a investigação de processos químicos, como quebra e formações de ligações, destacando as reações químicas (LEACH, 1998).

A teoria quântica é baseada na equação de Schrödinger, onde os elétrons tem comportamento dual onda-partícula e sua análise permite calcular a energia total do sistema e determinar a região mais provável de se encontrar uma partícula, sendo aplicada a cálculos que serão usados nos métodos quânticos.

Por considerar toda estrutura eletrônica a mecânica quântica se torna mais eficiente que a mecânica molecular; porém, seu custo operacional (tempo de computação e memória necessária) será mais elevado, já que para resolver seus cálculos usam-se equações mais complexas. Para minimizar

este problema foram desenvolvidos alguns métodos que, por conterem simplificações, permitem a utilização nos mais diversos sistemas.

3.1.3 | Método Ab Initio

São aqueles em que se resolve com maior aproximação a equação de Schrödinger representando, teoricamente, os orbitais moleculares e atômicos tendo como embasamento somente constantes físicas. Podem ser aplicados à moléculas orgânicas, organo-metálicas, e fragmentos moleculares. Podem ser utilizados para estudo de estados fundamentais, de transição e excitados.

O custo computacional deste método é elevado e, por isso, reduz o número de átomos com que se consegue trabalhar, limitado a dezenas de átomos. Porém, seus resultados são mais precisos e deve ter a preferência de escolha sempre que o sistema permitir.

3.1.4 | Método semi-empírico

No método semi-empírico são considerados somente os elétrons da camada de valência. Deste modo, os elétrons das camadas internas são considerados como rígidos e representam o núcleo. Esse método, assim como os métodos *ab initio*, se utiliza de simplificações matemáticas, que fazem o uso de aproximações e parametrizações em seus cálculos, disponíveis para a obtenção de cargas atômicas, necessárias para a parametrização de campos de força de mecânica molecular.

É menos exato, uma vez que emprega alguns parâmetros experimentais. Em geral, esses parâmetros são obtidos de modelos aceitáveis de átomos ou de moléculas relacionadas, tal como aproximações de alguns elementos da base teórica. Em geral, dada a sua simplificação, o método fornece informações estruturais com um custo razoável de tempo de cálculo, o que permite que seja utilizado em moléculas grandes (PRATES, 2014).

Uma série de programas tem sido desenvolvidos com esse tipo de método. O objetivo principal é tornar os cálculos de orbitais moleculares acessíveis aos não especialistas. A literatura aponta dois métodos semi-empíricos como sendo os de maior uso até hoje: AM1 (Austin Model 1) e o PM3 (Parametric Method 3). Ambos incorporam aproximações semelhantes, mas diferem nas suas parametrizações.

Os métodos semi-empíricos têm aplicação limitada a sistemas que contêm elementos para os quais foram desenvolvidos parâmetros correspondentes. A parametrização para esses métodos foi desenvolvida para reproduzir uma série de dados experimentais, incluindo geometrias de equilíbrio, calores de formação, momentos de dipolo e energias de ionização. O seu maior problema está na falha ao reproduzir geometrias e energias de estruturas que apresentam ligações de hidrogênio

4 | MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 | Modelagem Molecular das Resinas

A modelagem das estruturas da resina epóxi e do cardanol foram realizadas no *software Materials Visualizer*. Todos os *softwares* mencionados pertencem ao pacote de programas *Materials Studio* 4.3.0.0. A Figura 3 representa a metodologia empregada para definição da estrutura mais estável de cada molécula. As estruturas que apresentaram menor valor energético foram selecionadas para avaliação da interação do sistema resina-albita.

O mineral albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), pertencente à família dos feldspatos plagioclásios, foi escolhido para a simulação de interação devido à sua alta proporção encontrada na composição dos granitos. A estrutura deste mineral foi obtida através do banco de dados existente no programa *Materials Studio*.

Com a estrutura mais estável de cada resina com o mineral, foi elaborado um sistema em condições periódicas de contorno (PBC) para simular a interação dos sistemas albita-epóxi e albita-cardanol. Estas interações foram otimizadas utilizando o campo de força *Dreiding* para posterior cálculo de dinâmica molecular.

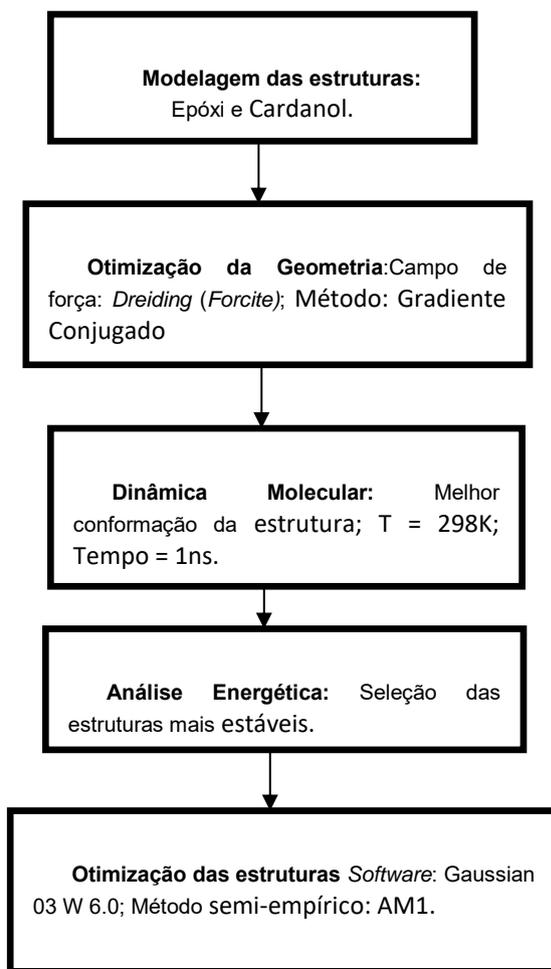


Figura 3. Metodologia para obtenção da estrutura mais estável de cada resina.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de energia obtidos para os sistemas resina-albita são mostrados na Tabela 1. A energia de estabilização pôde ser calculada através da Equação [1].

$$\Delta E = E_{\text{ligado}} - E_{\text{não-ligado}} \quad [1]$$

Os valores encontrados para ΔE indicam, apenas, que as interações são favoráveis, podendo informar qual estrutura é a mais estável, mas não fornecem os valores realistas das energias de interação. Estes dados só são possíveis a partir de cálculos quânticos que estão em andamento.

O valor negativo é indicativo de estabilidade para a interação, visto que quanto mais negativa for esta energia, mais estável ou mais favorecida será esta interação. De acordo com os valores de energia encontrados na Tabela 1, a interação albita-cardanol mostrou-se mais estável que a interação albita-epóxi devido ao valor mais baixo dado pela diferença de energia do sistema ligado e não-ligado.

Tabela 1. Diferença de energia de interação das resinas com a albita.

Sistema Resina- Albita	ΔE (kcal.mol ⁻¹)
Albita-Epoxi	- 486,51
Albita - Cardanol	- 2083,83

As Figuras 4 e 5, respectivamente, apresentam as interações dos sistemas epóxi-albita e cardanol-albita.

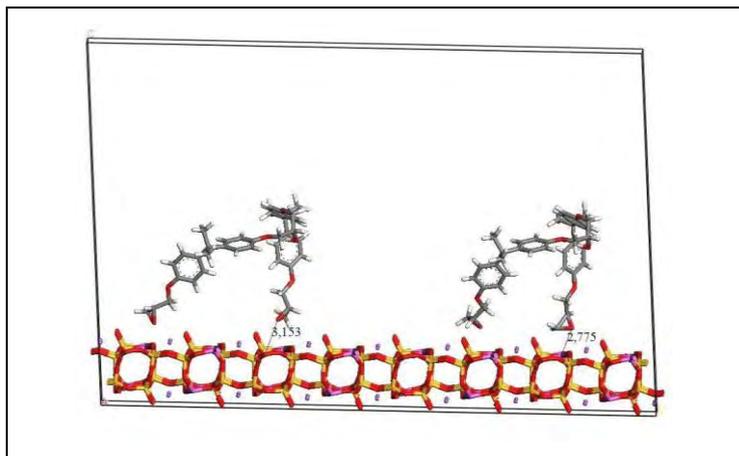


Figura 4 – Interação da resina epóxi- albita.

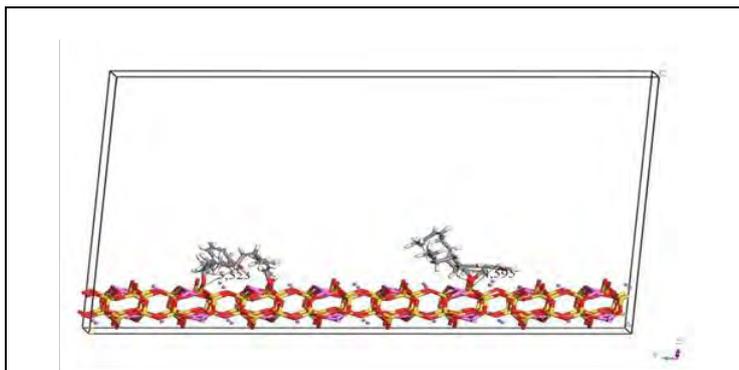


Figura 5 - Interação da resina cardanol – albita.

6 | CONCLUSÕES

Os ensaios de Modelagem Molecular mostraram que as interações sugeridas com a resina oriunda de fonte renovável, no caso específico deste estudo o cardanol, apresenta potencial para substituir a resina epóxi, atualmente comercializada. O conhecimento dos processos que levaram a esta interação é de extrema importância para o setor de rochas ornamentais, já que a partir da padronização do método pode-se progredir na criação de novos produtos, aprimorando as técnicas de resinagem. Ressalta-se que serão realizadas novas simulações e experimentos para melhor avaliação e conclusão, assim como ensaios experimentais para comparação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREI C. C. Da. Química medicinal à química combinatória e Modelagem molecular: Um curso pratico. 1ª Ed. Brasileira.- Barueri, SP: Manole, 2003.
- BARREIRO, E. J. *et al.* Modelagem molecular: Uma ferramenta para o planejamento reacional de fármacos em química medicinal. Química Nova, v. 20, n.3, 1997. 300-310 p, 1997.
- BURKET, U. & Allinger, N. Molecular Mechanics. ACS Monograph 177, American Chemical Society, Washington, DC, 1982.
- CARVALHO, M. C. N. de. Estudo da interação asfalteno-inibidor de agregação por métodos de dinâmica molecular e funcional de densidade. 2012. 134 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- CORREIA, J. C. G.; LEAL FILHO, L. S.; SEIDL, P. R. Modelagem molecular aplicada à flotação de minerais – Estudo de Caso, Série Tecnologia Mineral, CETEM, 1998.
- FERRI, L.; LOTTICI, P.P.; LORENZI, A.; MONTENERO, A.; MARIANI, E. S. Study of silica nanoparticles – polysiloxane hydrophobic treatments for Stone -based monument protection. **Journal of Cultural Heritage** 12. 2011. P.356-363. 2011.
- HERNÁNDEZ, N. L. P. Estudo e avaliação da aplicação do laser CO₂ na produção de resina epóxi em microreatores. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- LEACH, A. R. Molecular modelling: principles and applications. 1ed., Longman, Cingapura; Karplus&Petsko, Nature, 1998. 595 p., 1998.
- LEITÃO, V. M. F. Ecoabrasivo: uma nova perspectiva para o Setor de Rochas Ornamentais. XXI Jornada de Iniciação Científica – CETEM, 2013.

LEITE, M. G. P.; FUJACO, M. A. G. A atividade de beneficiamento de quartzitos na cidade de Ouro Preto-Brasil: características gerais e principais impactos ambientais. *Economía, Sociedad y Territorio, Cidade do México*, vol. 13, n. 41, p. 227-243, jan. 2013.

LOPES, L. Resinagem em chapas de granito. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química, UFCE, 2003.

MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D.; MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. *Química Nova*, 2009.

PRATES, L. M. Estudo da interação entre a resina epóxi e a albíta componente de rochas ornamentais: uma abordagem por modelagem molecular. 2014. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química com orientação tecnológica) - Fundação Técnico-Educacional Souza Marques, Rio de Janeiro, 2014.

RACHELE, K. G. Determinação das Condições para Otimização do Processo de Resinagem. In: *Jornada de Iniciação Científica*, 17., p. 88-89,. 2009, Rio de Janeiro, RJ. Anais. Rio de Janeiro, RJ. CETEM, 2009.

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 2015, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 300 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 Tecnologia Ambiental

STA-91 – **Uso da Metagenômica no Estudo de Solos Multicontaminados com Hidrocarbonetos e Metais.**

Natália Franco Taketani, Rodrigo Gouvêa Taketani, Cláudia Duarte da Cunha, Andréa Camardella de Lima Rizzo, Itamar Soares de Melo e Selma Gomes Ferreira Leite, 2016.

STA-90 – **Biossorção de Elementos de Terras-Raras.**

Ellen Cristine Giese, Danielly de Paiva Magalhães e Sílvia Gonçalves Egler, 2016.

STA-89 – **Estudo da Remoção do Íon Cobre por meio de Biossorção usando Biomassa de Levedura (*Saccharomyces cerevisiae*).**

Jéssica Mesquita do Nascimento, Selma Gomes Ferreira Leite e Andréa Camardella de Lima Rizzo, 2016.

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 ou 3865-7233

Telefax: (21) 2260-2837

E-mail: 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, Inovações e Comunicações - MCTIC, 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 20.000m² de área construída, que inclui 25 laboratórios, 4 plantas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 38 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.