



CARACTERIZAÇÃO DE NÍVEIS DE NÃO LINEARIDADES NO SISTEMA DINÂMICO DE DUFFING

Eduardo dos Reis M. da Silva¹ * (IC), Marcelo H. Belonsi²(PQ)

reiseduardo823@gmail.com

Rua Quatorze, 327 (Jd. América), Morrinhos, GO.

Resumo: Neste trabalho foi implementado uma adaptação para o sistema dinâmico de Duffing por ser um sistema dinâmico de um grau de liberdade que permite a representação da força não linear como uma perturbação do sistema conservativo. O objetivo deste trabalho visou identificar a ocorrência e evolução do nível de não linearidade em sistemas dinâmicos não lineares. A metodologia utilizada foi baseada em extensa pesquisa bibliográfica, a partir de artigos de revistas científicas especializadas e livros; a partir do desenvolvimento do trabalho desenvolveram-se rotinas e processos computacionais visando obter as respostas dinâmicas do sistema bem como avaliar a evolução do fenômeno de não linearidade imposto ao sistema. A partir das simulações numéricas realizadas é possível constatar as respostas temporais assim como identificar os fatores que mais influenciam o efeito não linear. A partir dos desenvolvimentos e resultados é possível observar que o sistema dinâmico simulado é um modelo físico muito rico para representar e incorporar diversas propriedades físicas e matemáticas, em particular, a incorporação do fenômeno não linear a partir da incorporação da excitação não linear.

Palavras-chave: **Transformada Rápida de Fourier. Sistema Dinâmico. Duffing. Não linearidades. Simulações.**

Introdução

Estudos sobre vibrações em sistemas mecânicos consideram, muitas vezes, o comportamento linear, de forma a delimitar regiões de operação para os sistemas de forma que os efeitos das vibrações mecânicas não sejam suficientemente elevado a fim de produzir os efeitos não lineares (DUVAUT E LIONS, 1972). Os fenômenos não lineares que são, muitas vezes, correntes, sendo o comportamento



linear de tal sorte, uma exceção (GERGES, 2013; LIMA *et al.* 2015). Além disso, a característica potencialmente imprevisível de um sistema dinâmico não linear pode levá-lo com mais facilidade a uma falha catastrófica (CASTILHO E CRUCHAGA, 2012). Por exemplo, na indústria aeronáutica, os movimentos não lineares podem ter graves consequências sobre a vida útil de componentes estruturais como fuselagens e asas. Já no setor automobilístico, os sistemas de freio e suspensão do motor possuem inerentemente um comportamento não linear. Diante disso, uma das diretrizes desse trabalho consiste na extração de característica para identificação e caracterização do efeito não linear no sistema mecânico de Duffing.

Viana (2011) estabelece que os modelos de sistemas não linear determinístico tenham sua previsibilidade do comportamento futuro agravado intensamente. Nesse sentido, não se pode prever o comportamento futuro do sistema, pelo menos para um tempo arbitrariamente longo, a partir de condições iniciais ligeiramente próximas. Diante disso, este trabalho centrou esforços em analisar o efeito do fenômeno não linear advindo do sistema físico de Duffing, Fig. 1, sendo este modelado por meio da equação (1)

$$m\ddot{x}(t) + b\dot{x}(t) + kx(t) + k_{nl}x^3(t) = f(t) \quad (1)$$

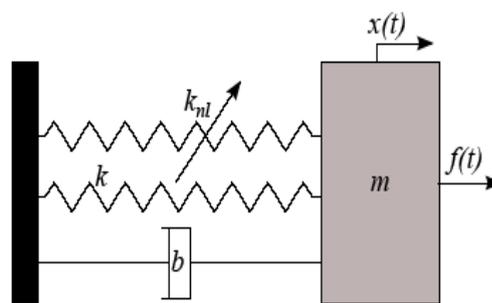


Figura 1: Oscilador de Duffing (Adaptado de (GERGES, 2013)).

Este sistema é composto por um grau de liberdade e composto por uma massa (m), coeficiente de amortecimento (b), rigidez de uma mola linear (k), rigidez da mola não linear (k_{nl}), pelo seu movimento ($x(t)$) e ainda pela força de excitação externa $f(t)$). Além disso, o sistema apresenta como condições iniciais $x(0)$ e $\dot{x}(0)$.



Material e Métodos

A metodologia, inicialmente, perpassou por uma extensa pesquisa bibliográfica a partir, especialmente, em artigos científicos, para a apropriação dos conhecimentos já disponibilizados nas literaturas especializadas (MENDONÇA, *et al*, 2003). Visando dotar, paulatinamente, o discente de iniciação científica dos conhecimentos básicos e recentes sobre o tema abordado. A partir da fase de apropriação dos conteúdos e técnicas necessárias para modelar e representar a equação de sistemas dinâmicos a metodologia deve primar pela implementação computacional em ambiente de programação Matlab®.

Resultados e Discussões

Nas figuras seguintes (2-3) estão os resultados das simulações da Equação (1) ilustrando o movimento do sistema dinâmico proposto por Duffing, Fig. 1, considerando diferentes cenários do efeito não linear, juntamente com aos respectivos resultados de FFT. Considerando os parâmetros de massa, m [kg], amortecimento, b , rigidezes das molas linear e não linear, k [N/m] e k_{nl} [N/m³] e a força de excitação externa, $f(t)$ [N], respectivamente iguais a 1, 1, 1, 0, 1. Considerando a condição de deslocamento e velocidades iniciais iguais a (1, 0), as simulações se deram no intervalo de tempo de 0 a 60 segundos.

Na Fig. (2) encontram-se as curvas de respostas para o deslocamento (x), velocidade (dx), o diagrama de causa e efeito (velocidade por deslocamento) e, finalmente o gráfico da transformada de Fourier para a condição de configuração simulada. A partir da configuração simulada observa-se que o parâmetro responsável pela inclusão do efeito não linear é nulo, isso é refletido tanto no diagrama de causa e efeito quanto no gráfico da FFT, quando este ilustra apenas um único pico em torno da frequência de 30 Hz.

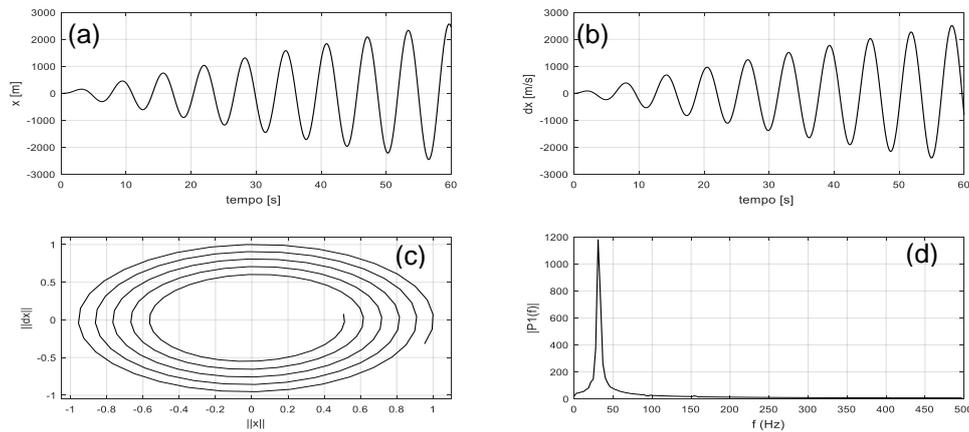


Figura 2: Resultados da simulação a) deslocamento versus tempo; b) velocidade versus tempo; c) diagrama de causa e efeito; d) FFT do deslocamento. Considerando $f(t)=100$, $k=1$, $b=1$, $knl=0$, $m=1$.

A figura (3) ilustra dois pontos de singularidades localizadas nas proximidades dos pontos de coordenadas $(0,-0.3)$ e $(0, 0.3)$, isto é imediatamente refletido quando observa-se a Fig. 4 (d) ao identificar picos de amplitudes na faixa de amplitude de 0 a 50 Hz, incrementado por outros pequenos picos acima de faixa de frequência. Ilustrando assim uma identificação e caracterização de acentuado nível do fenômeno não linear predominando no sistema.

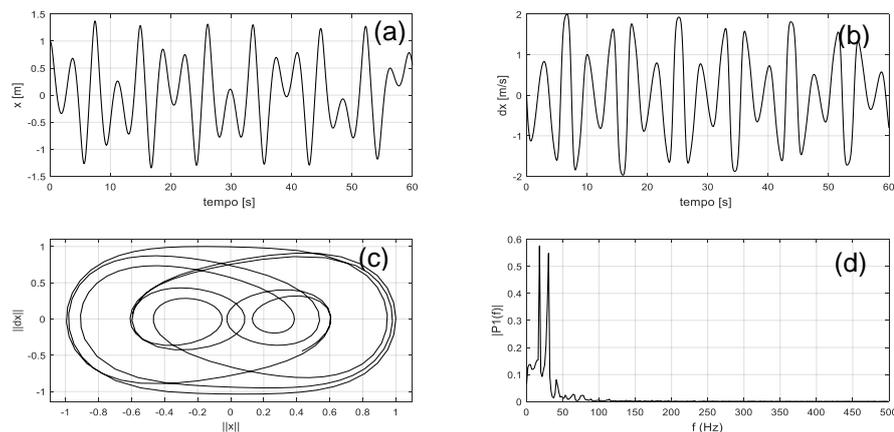


Figura 3: Resultados da simulação a) deslocamento versus tempo; b) velocidade versus tempo; c) diagrama de causa e efeito; d) FFT do deslocamento. Consideraando $f(t)=1$, $k=1$, $b=1$, $knl=2$, $m=1$.

Considerações Finais

A partir das simulações numéricas realizadas observa-se que o sistema



dinâmico simulado é um modelo físico muito rico para representar e incorporar diversas propriedades físicas e matemáticas, em particular, a incorporação do fenômeno não linear a partir da incorporação da excitação não linear.

Por meio da simulação observa-se que à medida que o fator de não linear evolui é possível identificar a correspondent evolução do efeito não linear sobre o sistema dinâmico.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Estadual de Goiás pelo apoio e incentivo para a realização desta pesquisa e ao CNPq pela bolsa concedida.

Referências

CASTILLO, E. F.; CRUCHAGA, M. A. Experimental vibration analysis for a 3D scaled model of a three-floor steel structure. *Latin American Journal of Solids and Structures*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 5, 2012

Duvaut, G., & Lions, J. (1972). *Les Inéquations em mécanique et en physique*.

GERGES, Y. **Méthodes de reduction de modèles en vibroacoustique non-linéaire**. Besançon: [s.n.], 2013.

LIMA, A. M. G. et al. A time-domain finite element model reduction method for viscoelastic linear and nonlinear systems. *Latin American Journal of Solids and Structures*, n. 6, p. 1182 - 1201, 2015

MENDONÇA, A. F. D. E. A. **Metodologia científica**: guia para elaboração e apresentação de trabalhos acadêmicos. Goiânia: Faculdades Alves Faria: [s.n.], 2003.

NEWMARK, N. A method of computation for structural dynamics. **Journal of Vibration Acoustics**, v. 85, p. 67-94, 1959.

VIANA, R. L. **Introdução à Dinâmica Não-Linear e Caos**. UFPR. p.269, 2011.



IX Congresso de Ensino,
Pesquisa e Extensão da UEG



Planejamento e síntese de Pirimido[4,5-*d*]pirimidinas via reação Biginelli

Natália Pereira Maciel^{1*} (IC), Anna Clara Silva Dias¹ (IC), Bianka Gabrielle Costa¹ (IC), Ana Beatriz Carneiro Miranda¹ (IC), Natália Pereira Maciel¹ (IC), Juliana G. de Moraes Lima¹ (PG).

*nataliapereiram89@gmail.com

¹Universidade Estadual de Goiás (UEG) – Campos Central Sede: Anápolis (CCET), Laboratório de Química Medicinal e Síntese Orgânica (LaQuiMeSO).

Resumo: As reações multicomponentes, são reações que ocorrem em um único meio e formam um único produto, minimizando a quantidade de etapas reacionais e número de purificação. São reações que estão de acordo com os princípios da química verde e são utilizadas na produção de fármacos. Uma classe de compostos heterocíclicos que pode ser obtido via reação muticomponente são a pirimido[4,5-*d*]pirimidina. No presente trabalho sintetizou-se os derivados de pirimido[4,5-*d*]pirimidina. Foram avaliados: meio catalítico, quantidade de catalisador, tempo, temperatura de reação e efeito do solvente. No fim da otimização foi observado um rendimento 90% usando um catalisador ácido e solvente polar prótico não tóxico (etanol).

Palavras-chave: Reação multicomponente, química verde, catálise e bioatividade.

Introdução

As Reações Multicomponentes são reações que envolvem três ou mais reagentes que se combinam de forma “*one-pot*” e formando um único produto. Consequentemente apresentam um menor número de etapas de purificação (BATALHA, 2012; ROGERIO *et al.*, 2016). Dentre as reações multicomponentes se destacam a reação de Biginelli para obtenção de dihidropirimidinas.



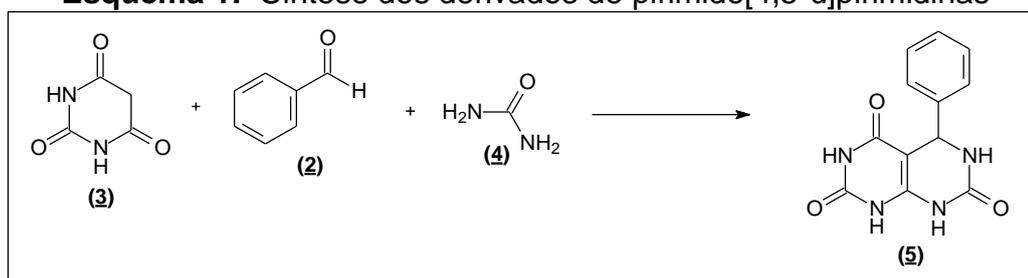
No âmbito da química medicinal, o núcleo pirimidínico tem despertado bastante interesse, principalmente com anéis pirimidínicos fundidos, visto que, dispõem de uma vasta propriedade biológica e podem ser aplicados na formulação dos fármacos com destaque aos derivados de pirimido[4,5-*d*]pirimidinas (CAHYANA *et al.*, 2020).

Dessa forma o presente trabalho objetiva a obtenção de pirimido[4,5-*d*]pirimidinas **(5)** por meio de uma nova otimização das condições de reação.

Material e Métodos

Inicialmente, fez-se a síntese dos derivados de pirimido[4,5-*d*]pirimidina **(5)** em um balão volumétrico de fundo redondo, de 25 mL, adicionou-se 1 mmol de benzaldeído **(2)**, 1 mmol de ácido barbitúrico **(3)**, 1 mmol de ureia **(4)** sob refluxo a temperatura de 80°C, usando-se etanol como solvente, por 2 horas e usando o MSI 20 mol% como catalisador, conforme o Esquema 1 abaixo:

Esquema 1: Síntese dos derivados de pirimido[4,5-*d*]pirimidinas



Fez-se o teste dos ácidos e bases de Lewis e Bronsted-Lowry, incluindo líquidos iônicos como catalisadores. Utilizou-se solventes polares próticos e apróticos, observando-se o tempo de reação, a temperatura ideal e o efeito do excesso de reagentes na obtenção dos derivados de pirimido[4,5-*d*]pirimidinas **(5)**.



Resultados e Discussão

O teste do catalisador, usando-se ácidos, bases de Lewis e Bronsted-Lowry e Líquidos iônicos, observou-se que o MSI promoveu o melhor rendimento, conforme a tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Avaliação do catalisador

Entrada	Catalisador	Rendimento (%)	Ponto de fusão
2	CuCl ₂	86	267-270
3	SnCl ₂ .2H ₂ O	63	269-272
4	p-TSOH	76	269-272
6	MAI.Fe ₂ Cl ₇	64	269-270
7	MSI	90	234,95

*Condições: 1 mmol benzaldeído, 1 mmol ácido barbitúrico, 1 mmol de ureia, 80°C, 2 horas de reação, 1 mL de etanol, 20 mol% de catalisador.

Posteriormente, observou-se por meio do uso de solventes polares próticos e apróticos que o etanol proporcionou o rendimento mais elevado, seguindo a tabela 2:

Tabela 2: Efeito do solvente

Entrada	Solvente	Rendimento (%)	Ponto de fusão
1	Etanol	90	234,95
2	Água	26	241,90
3	Metanol	6	237,60
4	Tolueno	79	167,07
5	THF	75	158,35
6	Acetonitrila	70	224,27

* Condições: 1 mmol benzaldeído, 1 mmol ácido barbitúrico, 1 mmol de ureia, 80°C, 2 horas de reação, 1 mL de solvente, 20 mol% do MSI

A determinação da temperatura, foi avaliada entre temperatura ambiente até 100°C. Observou-se que a temperatura ideal foi de 80°C. Em seguida, fixou a temperatura e variou-se o tempo reacional. Analisou-se que duas horas é o tempo ideal para sintetizar os derivados de pirimido[4,5-d]pirimidinas (5).

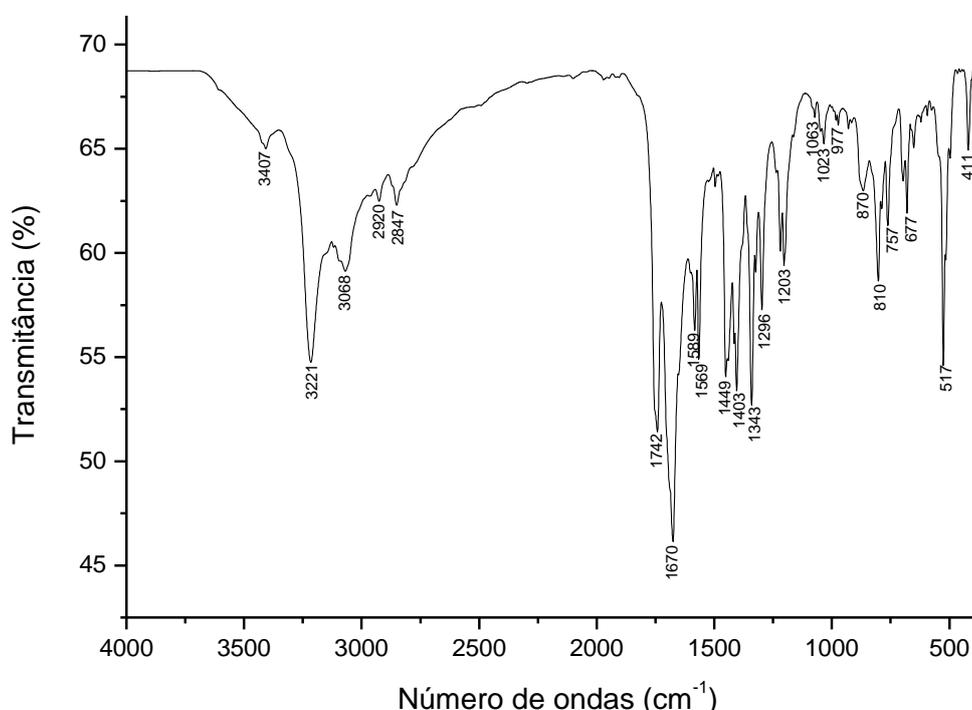
Por fim, fixou o catalisador, a temperatura, o tempo reacional e o solvente e



observou-se o efeito dos reagentes, variando-se as quantidades dos mesmos.

Ao final a amostra contendo 1 mmol dos reagentes, submetida a temperatura de 80°C, por cerca de 2 horas, com catalise do MSI 20 mol%, foi analisada no infravermelho, gerando o seguinte espectro conforme a figura 1, representada.

Figura 1: Infravermelho amostra MSI 20 mol%



No espectro foi observado algumas bandas correspondentes aos sinais do produto: estiramento em 3221 cm^{-1} referente a N-H, 3068 cm^{-1} estiramento de C-H sp^2 , 2920 e 2847 cm^{-1} estiramento de C-H sp^3 , 1742 cm^{-1} estiramento de C=O, 1670, 1599, 1569 e 1449 cm^{-1} estiramento de C=C de aromático.

Considerações Finais

Portanto, ao obter as melhores condições para a produção dos derivados de pirimido[4,5-*d*]pirimidina (**5**), fez-se a elucidação do composto pela comparação do



ponto de fusão por meio da comparação com a literatura e também com análise no infravermelho.

Agradecimentos



Referências

BATALHA, P. N. Recentes Avanços em Reações Multicomponentes: Uma Perspectiva Entre os Anos de 2008 e 2011. *Revista Virtual Química*, v. 4, nº1, p.13-45, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20120003>

ROGERIO, K. R. ; VITÓRIO, F. ; KUMMERLE, A. E. ; GRAEBIN, C. S. Reações Multicomponent Reactions: A Brief History and their Versatility for the Synthesis of Biologically Active Molecules. *Revista Virtual Química*. v. 8, nº 6, p. 1934-1962, 2016. DOI: 10.21577/1984-6835.20160132

FALCÃO, E. P. S. **Novas Pirimidinas: Síntese avaliação de suas propriedades farmacológicas.**2003. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco. 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/1864>.

TEJERO, T. N. ; KÜMMERLE, A. E. ; BAUERFELDT, G. F. Theory Behind Biginelli Reaction Revisited. *Revista Virtual de Química*, v. 11, nº 4, p.1203-1224, 2019. DOI: 10.21577/1984-6835.20190083

REALIZAÇÃO

PRG
Pró-Reitoria de
Graduação

PRP
Pró-Reitoria de
Pesquisa e
Pós-Graduação

PRE
Pró-Reitoria de
Extensão e
Assuntos Estudantis



Universidade
Estadual de Goiás



Produção de carvão ativado nanoestruturado derivado de biomassa utilizando método Top-down

Gustavo Cesar Pereira Lourenço* (IC), Luciana Rebelo Guilherme² (PQ)

*gustavolouren87@gmail.com

Universidade Estadual de Goiás, Campus - Br 153 Quadra Área Km 99, Anápolis - GO, 75132-903

O estudo de carvão ativado, derivado de biomassas alternativas, no tratamento de resíduos industriais em geral tem mostrado, na literatura, bons resultados no que tange a alta eficiência de remoção de poluentes sem a produção de subprodutos nocivos. Com o objetivo de aumentar a porosidade e uniformidade do carvão deixando-o ainda mais eficiente, o biochar foi desenvolvido a partir da casca da jaca, ativado com ácido fosfórico e a impregnação foi feita com nanopartículas magnéticas de ferro. Para melhor entender a influência da ação das nanopartículas de ferro, realizou-se uma caracterização via Microscopia Eletrônica de Varredura, juntamente com uma análise semiquantitativa através de um Detector de Energia Dispersiva. A partir dos resultados observou-se que na amostragem do material ativado e impregnado houve um alto índice de ferro, além de poros mais definidos.

Palavras-chave: biomassas alternativas; resíduos industriais; ativação química; poros; jaca.

Introdução

O uso de carvão ativado na adsorção de contaminante é largamente investigado em várias áreas de pesquisa, graças a sua alta área superficial, abundância de grupos funcionais e poros bem desenvolvidos. Tendo sua produção a partir de qualquer fonte de carbono, o material em questão é uma segura alternativa, na mitigação da poluição urbana, industrial e agropecuária.

O biochar, por definição, é um material sólido formado durante a decomposição termoquímica de um biomaterial sustentável. Além de ter um custo de produção baixo e ser ecológico, o biochar também possui um alto grau de porosidade interna e uma extensa área superficial, dessa forma tal material, tem excelentes propriedades físicas de adsorção de gases, vapores e poluentes dispersos ou dissolvidos em líquidos. (CHA, et. al, 2016; MOHAMMAD-KHAH, ANSARI, 2009). A partir dos estudos executados na literatura considera-se, a casca da jaca, uma promissora biomassa na produção de carvão ativado.

Sendo tipicamente encontrada em regiões tropicais, como Brasil, China, Índia



e Tailândia, a jaca, também conhecida como *Artocarpus heterophyllus Lam*, é a maior fruta comestível do mundo, sendo composta por uma densa casca, além de uma polpa amarela e de sementes, que são ricas em lipídios e amidos. Por não serem comestíveis as cascas são comumente descartadas pela população, gerando então grandes volumes de resíduos sólidos, que podem ser destinados para a produção de carvão ativado, usado na descontaminação de poluentes. Além das vantagens ecológicas e econômicas, as propriedades físico-químicas e biológicas do biochar derivado da jaca podem ser alterados com a ajuda de nanomateriais metálicos. (PRAHAS, et. al, 2008; FOO, et. al, 2012).

Com o seu uso sendo investigado desde a década de 90, os materiais nanoestruturados e metálicos são comumente utilizados na forma de nanopartículas de óxido de ferro (Fe_nO_m), graças a sua versatilidade, baixo custo de produção e pela reatividade do ferro metálico, gerando diferentes estados de oxidação e redução. Outrossim, tais partículas são reconhecidas pelo seu pequeno diâmetro, que varia de 10 a 100 nanômetros, possibilitando um melhor e mais eficiente contato com o contaminante(MANFRON, et. al, 2020).

Combinar as propriedades adsorptivas do biochar com as propriedades magnéticas e reativas das nanopartículas de ferro, apresenta diversas vantagens, que são bem interessantes na desestabilização de contaminantes, tais como, controlar o potencial de aglutinação do material, redução da velocidade de oxidação e hidrólise da água, melhor estruturação e uniformidade, além da maior porosidade (SANTOS, 2021).

Material e Métodos

A biomassa foi coletada, dos descartes, da feira municipal de Anápolis - GO. Foi necessário realizar uma raspagem de toda a polpa da biomassa, deixando assim o maior percentual possível da casca. O material, então foi posto ao sol, durante 2h para se ter uma desidratação superficial. Já no laboratório, a casca foi higienizada com água destilada e posteriormente seca em uma estufa a 70° C por 24h. Para se obter um material bem estruturado e uniforme, foi necessário utilizar



três etapas de moagem. Primeiro, foi-se utilizado um moinho mecânico, posteriormente foi-se utilizado um moinho de martelo da marca SPLabor e modelo SP-33. Após a moagem utilizou-se uma peneira manual para obter grânulos com 170 mesh.

Com o intuito de sintetizar um material com pouco teor de cinza, a biomassa peneirada obtida foi pirolisada em mufla da marca Quimis, a 350° por 3h, realizando assim, uma degradação térmica do material e conseqüentemente a despolimerização das macromoléculas (MALEEV, et al. 2009). Por fim, foi realizada a lavagem do mesmo com água deionizada quente, seguido da filtração e da desidratação em uma estufa a vácuo a 75° C por 60 min e as amostras receberam o código (carvão pós pirólise).

O carvão pós-pirólise foi ativado quimicamente utilizando o ácido fosfórico 80% (v/v). No qual 10g do material foi disposto, por 3h, em um béquer com 50 mL do ácido sob aquecimento e agitação magnética constante, com a ajuda de um peixinho. Para retirar o excesso de ácido, foi feita a lavagem do carvão com água deionizada quente durante uma filtração a vácuo. Após seco em uma estufa a 50° por 2h, foi feita a impregnação do carvão com as nanopartículas sintetizadas anteriormente, por meio do método de tombamento, com uma agitação mecânica, o processo ocorreu ininterruptamente por 3 dias.

Com o intuito de investigar os impactos da ativação química e impregnação via nanopartículas de ferro, na composição e superfície do biochar, realizou-se uma caracterização da superfície das três amostras obtidas: carvão pós pirólise, carvão ativado e carvão ativado e impregnado. Além disso também foi feita análises com viés qualitativo e semiquantitativo, com o auxílio de um Detector de Energia Dispersiva, que é acoplado ao MEV. Para cada amostra, o tempo médio de contagem de EDS foi de 160s e a partir dele foi possível comparar e avaliar o teor de ferro em cada amostra analisada. A caracterização foi realizada na Universidade Estadual de Goiás, utilizando o aparelho Hitachi - modelo TM3030plus.

Resultados e Discussão

No presente trabalho foi realizada a caracterização via microscopia eletrônica de varredura (MEV), acoplado a um detector de energia dispersiva (EDS)



do carvão ativado e impregnado com nanopartículas de ferro. A fim de, avaliar e comparar presença de ferro em 3 amostras diferentes, sendo o material apenas pirolísado, o carvão ativado e o carvão ativado e impregnado, para assim avaliar a metodologia de impregnação utilizada.

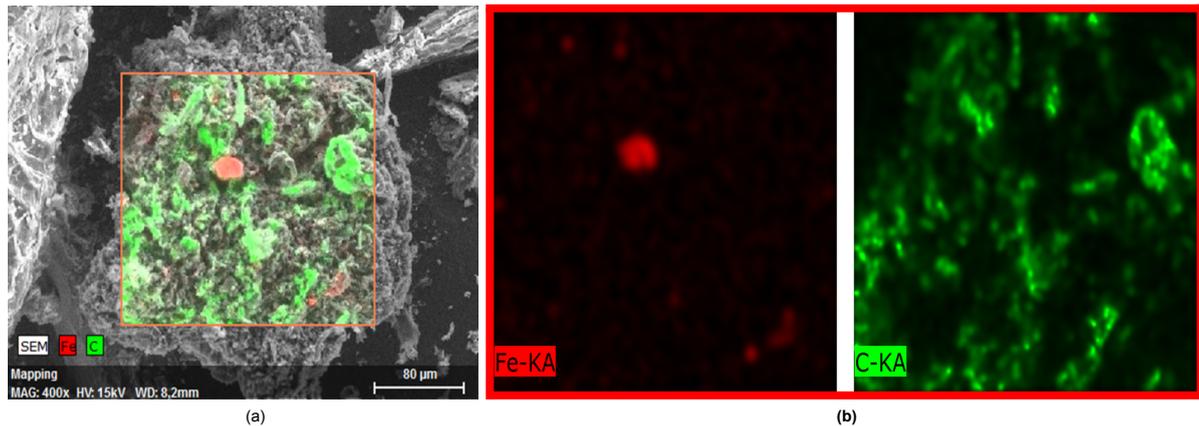


Figura 1 : (a) Amostra do carvão puro e não impregnado aumentada em 400X e (b) mapeamento da composição por EDS.

As figuras 1 (a) e (b), demonstram a caracterização e semi-quantificação da amostragem do biochar puro e sem ativação, sendo possível observar a pouca porosidade e os baixos níveis de ferro do material.

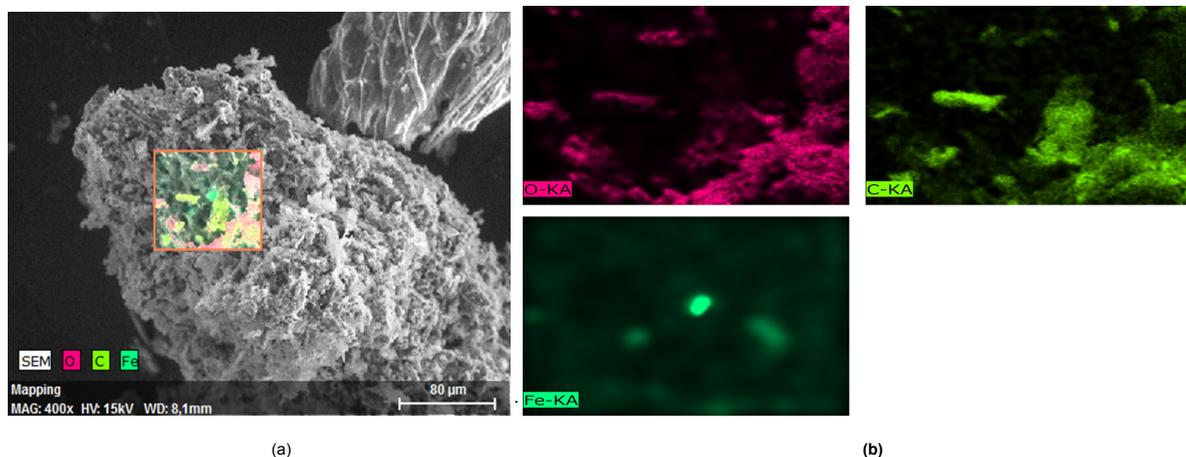


Figura 2 : (a) Amostra do carvão ativado e não impregnado aumentada em 400X e (b) mapeamento da composição por EDS.

A partir de análises feitas do carvão ativado sem a impregnação magnética (figuras 2a e 2b), é possível perceber o aumento da porosidade superficial do material, além da melhor estruturação e uniformidade. Ainda na amostragem é visto uma pequena presença de ferro, que também é observada na amostra do carvão pós pirólise. Tais níveis de ferro, observados, mesmo que pequenos, podem ter



origem do solo de plantio da fruta, ou até mesmo da composição real da casca.

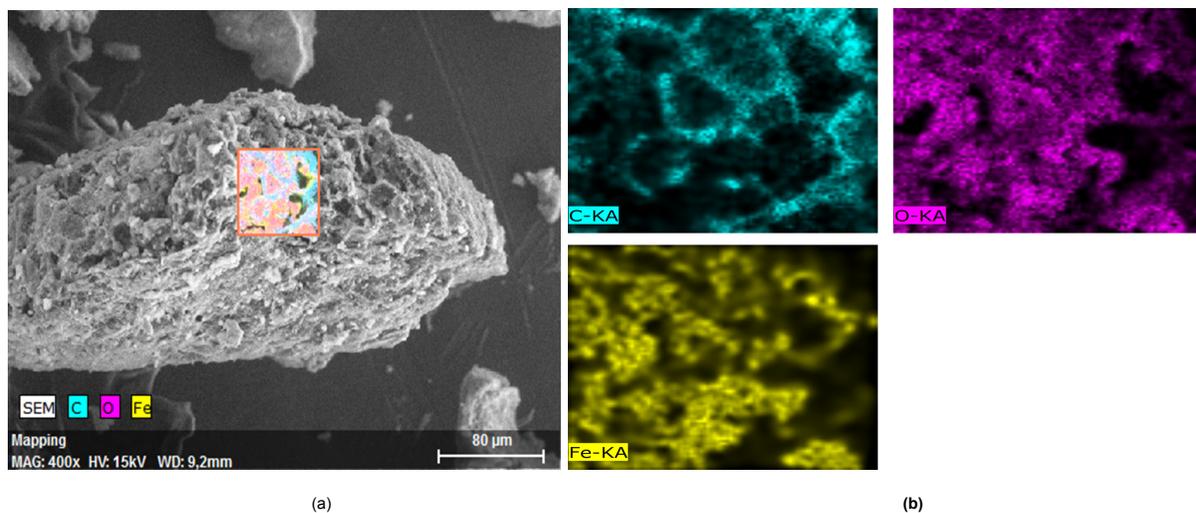


Figura 3 : (a) Amostra do carvão ativado e não impregnado aumentada em 400X e (b) mapeamento da composição por EDS.

Por fim, com os resultados obtidos das análises da amostra do biochar ativado e impregnado com as nanopartículas de Ferro (Figuras 3a e 3b), percebe-se o alto nível de porosidade superficial e de ferro, apresentados no material. Ademais nota-se que os traços de ferro se mantêm próximos as incidências de oxigênio, exaltando a provável ocorrência de óxidos de ferro e, portanto, comprovando a impregnação das nanopartículas.

Assim como investigado via MEV por Ueno (2016), a impregnação do biochar por nanopartículas de ferro tem impactos direto na superfície do material. Foi observado que, aquela amostragem sem impregnação apresentou uma superfície lisa e com poucas fissuras, evidenciando a baixa porosidade do material. Já quando avaliado o material impregnado, fica claro, que após o tratamento, houve a aglomeração de partículas de óxido de ferro na superfície do carvão.

O sucesso da impregnação de nanopartículas de ferro também é explorada por (PEREIRA, 2019), que funcionaliza leveduras para aperfeiçoar as propriedades biorremediadora, em corantes AZOS, dos microrganismos. A partir dos resultados foi possível detectar que também houve uma moderada mudança da superfície das leveduras, no qual aquelas não impregnadas apresentavam paredes superficiais lisas, enquanto as magnetizadas demonstravam estar recobertas das nanopartículas, validando dessa forma a metodologia utilizada.



Considerações Finais

Através das análises aproximadas da superfície das amostras observou-se a influência da impregnação e da ativação química do biochar, na abertura e estruturação de seus poros. Com base nos resultados observados da caracterização do carvão via MEV/EDS, verifica-se que a metodologia escolhida e desenvolvida para a impregnação das nanopartículas de ferro magnética, se mostrou eficaz:

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a orientadora Profa Dr(a) Luciana Rebelo Guilherme pelo apoio e orientação, além da Universidade Estadual de Goiás pelo suporte educacional e financeiro, por meio do edital PRP-005/2021 - PRO-EQUIPAMENTOS. Também gostaria de agradecer ao CNPq pela bolsa de iniciação científica (PIBIC/AF).

Referências

CHA, J. S.; PARK, S. H.; JUNG, S. C.; RYU, C.; JEON, J. K.; SHIN, M. C.; PARK, Y. K Production and utilization of biochar: A review. **Journal of industrial and Engineering Chemistry**, v. 40, p. 1-15, 2016.

DUARTE, L. D. C.; JUCHEM, P. L.; PULZ, G. M.; BRUM, T. M. M. D., CHODUR, N. L.; LICCARDO, A.; ACAUAN, R. B Aplicações de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e sistema de energia dispersiva (EDS) no estudo de gemas exemplos brasileiros. **Pesquisas em Geociências**. Porto Alegre, RS. Vol. 30, n. 2, p. 3-15, 2003.

FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. Potential of jackfruit peel as precursor for activated carbon prepared by microwave induced NaOH activation. **Bioresource technology**, v. 112, p. 143-150, 2012.

MANFRON, S.; THOMÉ, A.; CECCHIM, I.; REDDY, K. R. Aplicação de nanopartículas de ferro zero-valente (nFeZ) na remediação de solos e águas subterrâneas contaminadas: uma revisão. **Química Nova**, 43, 623-631, 2020.

MOHAMMAD-KHAH, A.; ANSARI, R. Activated charcoal: preparation, characterization and applications: a review article **International Journal of ChemTech Research**, v. 1, n. 4, p. 859-864, 2009.

PEREIRA, Tamara de Freitas. Biossorção de corante vermelho 40 por leveduras



magnetizadas com nanopartículas de óxido de ferro. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

PRAHAS, D.; KARTIKA, Y.; INDRASWATI, N.; ISMADJI, S. Activated carbon from jackfruit peel waste by H₃PO₄ chemical activation: Pore structure and surface chemistry characterization. **Chemical Engineering Journal**, v. 140, n. 1–3, p. 32–42, 1 jul. 2008.

SANTOS, Felipe Hipolito dos. Nanopartículas de ferro valência zero na imobilização de arsênio e chumbo em Latossolo contaminado com rejeitos da mineração. 2021. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2021.

UENO, Camila Roberta Javorski. Síntese De Nanopartículas De óxidos De Ferro Magnéticos Associados à Biochar E Bonechar E Seus Efeitos Na Sorção E Fitodisponibilidade De Chumbo. 2016.

WANG, C. B.; ZHANG, W.X. Synthesizing nanoscale iron particles for rapid and complete dechlorination of TCE and PCBs. **Environmental science & technology**, v. 31, n. 7, p. 2154-2156, 1997.

REALIZAÇÃO

PRG
Pró-Reitoria de
Graduação

PRP
Pró-Reitoria de
Pesquisa e
Pós-Graduação

PRE
Pró-Reitoria de
Extensão e
Assuntos Estudantis



Universidade
Estadual de Goiás