

AValiação DO PODER ADSORTIVO DA VAGEM DO FEIJÃO (*Phaseolus Vulgaris L.*) EM CORPOS D'ÁGUA CONTAMINADOS COM GASOLINA, UTILIZANDO A TÉCNICA DE ADSORÇÃO

Lenilde Mérgia Ribeiro Lima¹
Joanny Lays Bandeira Cruz da Silva²
Laedson Eneas Cavalcante³
Edgleiga Daise Alves Feitoza da Silva⁴

RESUMO

As indústrias de petróleo são grandes fontes poluidoras das águas, visto que lidam com problemas decorrentes de vazamentos e derrames nos corpos aquáticos. Uma das técnicas mais utilizadas para a remoção de poluentes químicos na água tem sido o processo de adsorção, que se utiliza de um sólido para separar fluidos, tendo como vantagens a simplicidade de operação e aplicação de materiais de baixo custo, tais como produtos obtidos da agricultura e resíduos obtidos da indústria. Dentre as diversas biomassas disponíveis no semiárido nordestino, inclui-se a vagem de feijão (*Phaseolus Vulgaris L.*), que pode se tornar uma alternativa para remoção de gasolina presente em corpos d'água. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência adsorvente da vagem de feijão como adsorvente para remoção de gasolina presente em águas de descarte. Para tanto, utilizou-se a metodologia realizada por LIMA *et al.* (2014). Inicialmente, houve a preparação da biomassa na forma particulada. Posteriormente, foram realizados estudos de cinética com variações de tempo de 5 a 60 minutos e equilíbrio de adsorção, variando a concentração do poluente de 5 a 60%. A cinética de adsorção mostrou-se rápida e a quantidade de gasolina adsorvida foi relevante, apresentando uma eficiência de adsorção máxima aos 15 minutos, com uma remoção de gasolina de 3,85 g.g⁻¹. Em relação ao estudo da isoterma de equilíbrio, obteve-se a capacidade máxima de adsorção da gasolina de 6,34 g.g⁻¹. Com isso, pode-se afirmar que a vagem de feijão surge como um promissor meio adsorvente para remoção de gasolina presente em água.

Palavras-chave: Processo de adsorção, Vagem de feijão, Descontaminação, Água.

INTRODUÇÃO

A qualidade da água pode ser afetada pelas mais diversas atividades do homem, sejam essas atividades domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades gera poluentes que podem causar implicações no corpo receptor (PEREIRA, 2004). Devido à contaminação por fossas sépticas, aterros sanitários, contaminação por pesticidas, fertilizantes

¹ Professora Associada da Unidade Acadêmica de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, mergia@ufcg.edu.br;

² Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, joanny.bandeira@hotmail.com;

³ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, laedson.cavalcante@hotmail.com;

⁴ Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos pela Universidade Federal de Campina Grande, gleigaeng@gmail.com.

e vazamento de Sistemas de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SACS), as águas subterrâneas vêm perdendo a sua qualidade de utilização e têm se tornado uma preocupação bastante discutida no Brasil, devido à alta toxicidade de hidrocarbonetos aromáticos presentes (ANJOS, 2012).

As indústrias de petróleo lidam diariamente com problemas decorrentes de vazamentos, derrames e acidentes durante a exploração, refino, transporte e operações de armazenamento do petróleo e seus derivados (ANALÍTICA..., 2017).

A contaminação dos corpos d'água por hidrocarbonetos pode representar um risco para os ecossistemas aquáticos e para a saúde humana. Os efeitos variam dependendo do composto. Alguns hidrocarbonetos são carcinogênicos e, portanto, podem aumentar o risco de desenvolvimento de câncer (AGSOLVE, 2017). Os hidrocarbonetos monoaromáticos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos, chamados BTEX, são os componentes presentes na gasolina que possuem maior solubilidade em água e, portanto, são os primeiros contaminantes a atingirem o lençol freático (ANALÍTICA..., 2017).

A Portaria 518/2004, do Ministério da Saúde, estabelece os limites permitidos para os hidrocarbonetos em água potável: 5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ no caso do benzeno, 170 $\mu\text{g.L}^{-1}$ para o tolueno, 200 $\mu\text{g.L}^{-1}$ para o etilbenzeno e 300 $\mu\text{g.L}^{-1}$ para o xileno (SILVA *et al.*, 2010).

Em função dos BTEXs serem extremamente tóxicos à saúde humana e apresentarem toxicidade crônica mesmo em pequenas concentrações, a legislação tem se tornado cada vez mais restritiva, fazendo-se necessário o monitoramento contínuo das áreas de risco (BRITO *et al.*, 2005).

No Brasil, a implantação de postos de combustíveis tem se tornado cada vez mais rígida depois da resolução nº 273 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), de novembro de 2000, a qual foi criada especificamente para postos de combustíveis, devido ao seu alto grau de periculosidade ao meio ambiente quando instalado de maneira irregular. Essa resolução obriga os donos de postos de combustíveis a adquirirem o licenciamento ambiental para seu funcionamento (MACHADO; FERREIRA, 2017).

Uma fonte de alto potencial de poluição ambiental é o armazenamento de combustíveis em tanques subterrâneos, comprometendo a qualidade do solo e das águas subterrâneas, o que é um aspecto preocupante, visto que estas águas são intensamente exploradas no Brasil (SILVA *et al.*, 2010).

As instalações inadequadas dos produtos derivados de petróleo e o não cumprimento das normas regulamentadoras podem causar danos ao meio ambiente e à saúde pública,

tornando as atividades desenvolvidas por postos de combustíveis altamente poluidoras (MACHADO; FERREIRA, 2017).

No Brasil existem cerca de 27.000 postos de combustíveis, os quais podem provocar impacto sobre os recursos aquáticos, principalmente envolvendo água subterrânea. Em função de muitos tanques terem mais de 25 anos de uso, acredita-se que a possibilidade de ocorrerem vazamentos é extremamente grande, principalmente pelo surgimento de rachaduras ou corrosão (BRITO *et al.*, 2005).

Segundo BRITO *et al.* (2005), o número de postos que apresentam problemas varia de 20 a 30% no Brasil, sendo que na maioria dos casos só se percebem os vazamentos depois da descoberta de seus efeitos.

A gasolina é um derivado do petróleo formado por uma mistura complexa de mais de 400 hidrocarbonetos provenientes de processo de refino (CULTIVAR..., 2017). Apresenta uma composição diversificada em função do seu processo de produção, das características do petróleo e dos aditivos adicionados para diminuir os efeitos ao meio ambiente, aumentar o seu desempenho e reduzir os desgastes mecânicos (ANJOS, 2012).

No Brasil, por exemplo, a gasolina é aditivada com aproximadamente (20-25%) de etanol, fato que aumenta consideravelmente a probabilidade de contaminação de águas subterrâneas por BTEX. O etanol é completamente miscível em água o que faz com que, por efeito de cossolvente, aumente a solubilização e migração de BTEX (TIBURTIUS; ZAMORA; LEAL, 2003). Deste modo, as interações entre o etanol e os compostos BTEX podem causar um comportamento completamente diferente no deslocamento da pluma do que aquele observado em países que utilizam gasolina pura. Os três aspectos principais que podem afetar o comportamento dos hidrocarbonetos monoaromáticos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno em sistemas subsuperficiais em presença de etanol são: a possibilidade do aumento da solubilidade dos BTEX em água, o provável aumento da mobilidade dos BTEX dissolvidos na água subterrânea e a possibilidade de que a presença do etanol possa dificultar a biodegradação natural dos BTEX, aumentando a persistência destes compostos na água subterrânea (CORSEUIL; MARINS, 1997).

Diversos processos são utilizados para o tratamento de água, dentre eles os processos físicos, químicos e ainda processos alternativos, como a biossorção, utilizando, por exemplo, sementes, cascas de plantas e as próprias plantas em processos adsorptivos (LIMA *et al.*, 2016).

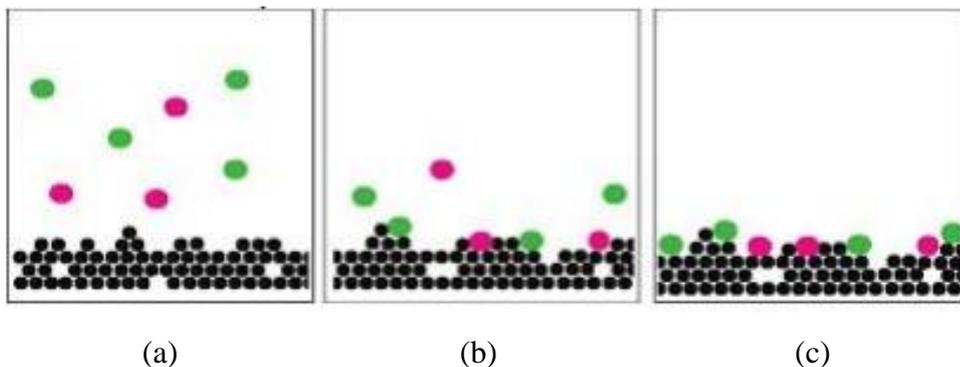
O fenômeno da adsorção é conhecido desde o século XVIII. Em 1773, C. W. Scheele observou que substâncias porosas possuíam a propriedade de adsorverem vapores. A partir

desse momento estudos começaram a ser realizados em sistemas constituídos de sólidos e gases, e posteriormente Lowitz observou o mesmo fenômeno em soluções (SILVA, 2005).

A adsorção é uma operação de transferência de massa do tipo sólido fluido na qual se explora a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em soluções líquidas ou gasosas, o que permite separá-las dos demais componentes dessas soluções (GUELFY; SCHEER, 2007). No processo de adsorção, o poluente químico (adsorbato) é aderido à superfície de um sólido (adsorvente), ou seja, o contaminante é transferido da fase líquida para a superfície de um material sólido (OLIVEIRA, 2015). É um dos processos mais eficientes de tratamento de águas residuárias, sendo empregado nas indústrias a fim de reduzir dos seus efluentes os níveis tóxicos ao meio ambiente (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Segundo Oliveira (2016), a adsorção, representada na Fig. 1, pode ser definida como sendo um processo no qual moléculas de um determinado material, o adsorbato, que se encontra no estado líquido ou gasoso, aderem à superfície de um material sólido, chamado de adsorvente.

Figura 1 – Representação esquemática do processo de adsorção: (a) aproximação do adsorbato ao adsorvente; (b) contato entre as moléculas do contaminante e o adsorvente (c) adsorção do adsorvente pelo adsorbato.



FONTE: LUNA, 2007.

Denomina-se de adsorvente, o sólido sobre o qual ocorre o fenômeno adsorptivo, seja, o fluido em contato com o adsorvente; e adsorbato, a(s) espécie(s) química(s) retida(s) pelo adsorvente (LUNA, 2007).

Vários são os fatores que influenciam o processo de adsorção, tais como a área superficial, as propriedades do adsorvente e do adsorbato, temperatura do sistema, natureza do solvente e pH do meio. Os processos de adsorção são resultados da combinação entre dois tipos de forças envolvidas na adsorção física ou química (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

A adsorção física é caracterizada por interações fracas, as interações de Van der Waals, interações dipolo-dipolo e dipolo-dipolo induzido entre as moléculas do adsorbato e do adsorvente. Na adsorção química, as interações adsorbato-adsorvente são muito mais fortes, envolvendo, muitas vezes, ligações químicas do tipo covalente. As moléculas envolvidas tendem a acomodarem-se nos sítios de modo a atingir o número de coordenação máximo com o substrato (OLIVEIRA, 2016).

A cinética de adsorção descreve a velocidade de remoção do soluto, sendo dependente das características físicas e químicas do adsorbato, adsorvente e sistema experimental. A cinética permite ainda determinar a quantidade de soluto que é retirada de uma solução com relação ao tempo (SALVADOR, 2009).

A cinética de adsorção é determinada para estabelecer o tempo de contato ideal entre o adsorvente e o adsorbato, em que a influência do tempo de contato entre eles vise obter um tempo de agitação “ótimo” para o contato do adsorbato como adsorvente (ZEFERINO; FREITAS, 2013).

Para os estudos de adsorção, a avaliação do equilíbrio é fundamental para o entendimento dos processos. Os dados de equilíbrio de adsorção são importantes para determinar o quanto de adsorbato pode ficar retido no material adsorvente (LUNA, 2007).

Em um processo de adsorção, o equilíbrio do sistema é alcançado quando não há mudanças líquidas nas concentrações do adsorbato na fase sólida e do soluto na solução. O equilíbrio reflete a capacidade e/ou a afinidade de um adsorvente por um soluto, sob um dado conjunto de condições em que o sistema é submetido (SILVA, 2005).

A partir da informação obtida por meio isoterma de adsorção, é possível estimar a quantidade total de adsorvente necessária para um determinado processo (LUNA, 2007).

Diferentes biomassas têm sido avaliadas como adsorventes. Os biossorventes são materiais orgânicos de origem vegetal, animal ou microbiana que possuem propriedades adsorventes. Esses materiais podem ser oriundos da natureza, sem intervenção humana, produzidos, a fim de serem comercializados ou resíduos da agricultura. (RAULINO, 2016).

A região semiárida do Nordeste do Brasil é caracterizada pela instabilidade climática, o que limita as atividades agropecuárias. Apresenta como fator de destaque o clima, responsável pela variação de outros elementos que compõem as paisagens. Ao clima estão adaptados a vegetação e os processos de formação do relevo; os solos são geralmente pouco desenvolvidos em função da escassez das chuvas (ARAÚJO, 2011).

Com relação ao Estado da Paraíba, a área do Semiárido é da ordem de 48.785 km² que corresponde a 86% da área do estado e comporta 170 municípios. Nos anos 90, o semiárido

paraibano já tinha uma porção afetada por processos de desertificação, já eram mais de 2,8 milhões de hectares, o que correspondia a 49% da área do estado. Sua vegetação nativa tem sido bastante modificada pelo homem. Os solos vêm sofrendo um processo intenso de desertificação devido a substituição da vegetação natural por campos de cultivos e pastagens (SÁ *et al.*, 2013).

Em relação ao semiárido paraibano, existe uma enorme diversidade de biomassas disponíveis a partir da vegetação local, sendo de fácil acesso, baixo custo e de boa qualidade. Dentre os diversos tipos de vegetação presentes no semiárido paraibano, a vagem de feijão (*Phaseolus Vulgaris L.*) se torna uma alternativa de biomassa utilizada para a adsorção de compostos hidrogenocarbonados presentes nos fluidos hídricos.

Os historiadores atribuem a disseminação dos feijões no mundo em decorrência das guerras, uma vez que esse alimento fazia parte essencial da dieta dos guerreiros em marcha (CORREPAR..., 2017).

O feijão-vagem é um alimento consumido em diversos países. No Brasil ocupa sexta posição em volume produzido, com produção de 56 mil t/ano (CAMPO & NEGÓCIO..., 2017).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão apresentando grande importância na cultura alimentar e na economia agrícola. Após a colheita e debulhagem dos grãos sobra o resíduo constituído de palha ou vagem que podem ser usadas como biomassa para remoção de poluentes (RAULINO, 2016).

O feijão é colhido e debulhado da vagem de forma manual ou por meio do uso de máquinas. Após a colheita e debulhagem dos grãos, sobra a palha, ou seja, o resíduo da produção de feijão. Assim, esse resíduo da produção do feijão possui grande potencial como biomassa adsorvente, devido as suas características e ao volume produzido anualmente (RAULINO, 2016).

O feijoeiro comum é uma planta herbácea, pertencente à família *Fabaceae*, que compreende as leguminosas, sub-família *Faboideae*, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris L.* (SANTOS; GAVILANES, 2006).

A planta apresenta caule volúvel, folhas trifolioladas e raízes superficiais, os frutos são vagens que apresentam polpa espessa e carnosa (Fig. 2). As vagens devem ser colhidas em seu ponto máximo de desenvolvimento, antes que se tornem fibrosas e com sementes salientes (ABREU *et al.*, 2004).

Figura 2 – Imagens do feijão *Phaseolus Vulgaris L.*: (a) planta; (b) vagem.



(a) planta



(b) vagem

FONTE: <https://waste.ideal.es/phaseolusvulgaris.htm>, 2019.

Uma das características de maior relevância para que o feijão-vagem apresente boa aceitação comercial é o teor de fibras presente na vagem. Embora essa característica esteja sendo estudada, há carência quanto à quantificação e o teor de fibras presentes, em razão dessas pesquisas serem recentes (FRANCELINO *et al.*, 2011; FILGUEIRA, 2003, LONDERO *et al.*, 2008).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência adsorviva da vagem do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*), obtida a partir de secagem natural, quando utilizada para remoção de gasolina presente em corpos d'água.

METODOLOGIA

O contaminante utilizado no experimento foi a gasolina, obtida de postos de combustíveis do município de Sumé-PB. Como adsorvente foi utilizada a vagem de feijão (*phaseolus vulgaris l.*) na forma particulada.

A metodologia utilizada foi baseada no procedimento realizado por LIMA *et al.* (2014), que utilizou o mandacaru (*Cereus jamacaru*) na forma particulada para remoção da mistura gasolina/óleo diesel por meio do processo de adsorção.

A primeira atividade realizada foi a preparação da biomassa vagem de feijão (*phaseolus vulgaris l.*), em que o material coletado, a vagem, foi obtida da zona rural da cidade do Congo-PB; em seguida, exposta a céu aberto para que toda a água do material fosse evaporada (Fig. 3).

Figura 3 – Vagem de feijão seca.



FONTE: Arquivo dos autores, 2018.

Seguiu-se com a trituração em moinho de facas, conforme mostrado na Fig. 4.

Figura 4 – Cominuição da biomassa para forma de pó por meio do moinho de facas.



FONTE: Arquivo dos autores, 2018.

Após a cominuição, o material foi submetido a peneiramento para obter uma granulometria 1 mm, conforme mostrado na Fig. 5.

Figura 5 – Biomassa vagem de feijão peneirada, com granulometria de 1 mm.



FONTE: Arquivo dos autores, 2018.

ESTUDO DA CINÉTICA

Para o estudo da cinética de adsorção foram preparados 12 frascos Erlenmeyer (Fig. 6), os quais continham quantidades fixas de água e gasolina, 40 e 12 mL, respectivamente. Em seguida, colocados em mesa vibratória, sob agitação de 130 rpm. Foi acrescentada a mesma quantidade do adsorvente para cada frasco (1,2 g). Foram avaliados tempos entre 5 e 60 minutos, com intervalo de cinco minutos para cada Erlenmeyer. Após o tempo de agitação, as amostras foram filtradas em peneira comum, de maneira que o adsorvente ficasse retido na peneira e a fase líquida escoasse. A aferição volumétrica das amostras foi feita em provetas de 100 mL, após o tempo de contato entre o adsorbato e o adsorvente, em que se determinou o volume de gasolina adsorvida e, em seguida, a massa do adsorvente foi determinada em balança analítica.

Figura 6 – Preparação dos frascos Erlenmeyer.



FONTE: Arquivo dos autores, 2018.

ESTUDO DO EQUILÍBRIO

Para o estudo do equilíbrio, 12 frascos Erlenmeyer foram preparados contendo água e gasolina com faixa de concentração entre 5 e 60 % com variação de 5% para cada frasco, mantendo a mesma quantidade de adsorvente em todos os frascos (1,2 g), sob agitação de 130 rpm, pelo tempo de 1 hora (Fig. 7). Em seguida, filtrada a amostra com o auxílio da peneira comum e realizada a aferição volumétrica na proveta e, ao final, determinada a massa do adsorvente.

Figura 7 – Frascos Erlenmeyer contendo a mistura água, óleo e biomassa sob agitação em mesa vibratória a 130 rpm.



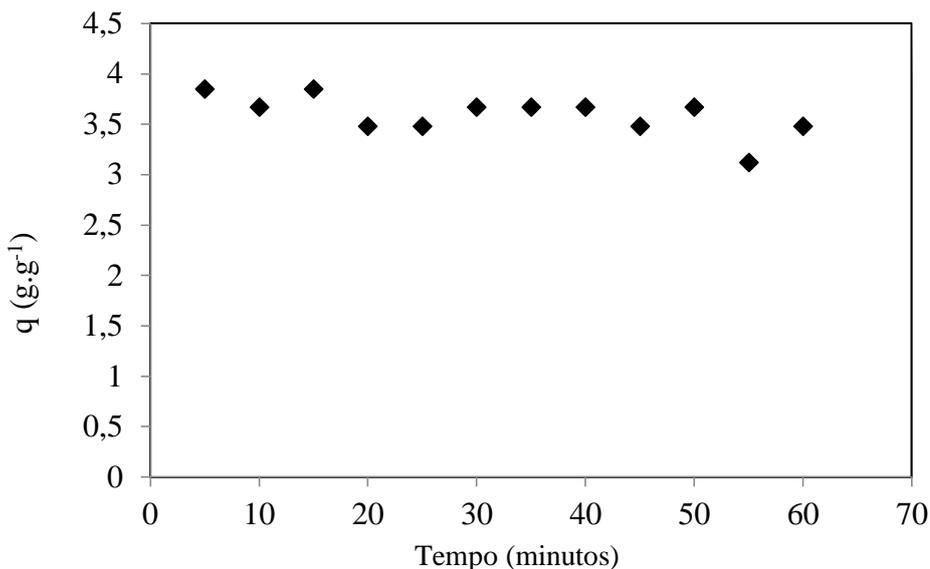
FONTE: Arquivo dos autores, 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ESTUDO DA CINÉTICA

A partir dos dados obtidos a partir dos experimentos realizados para a cinética de adsorção, foi construída a curva referente à quantidade de gasolina adsorvida em relação ao tempo de contato e agitação, apresentada na Fig. 8. A quantificação foi feita por meio de medição volumétrica em proveta graduada de 100mL.

Figura 8 – Curva da cinética para adsorção de gasolina pela biomassa vagem de feijão.



FONTE: Arquivo dos autores, 2018.

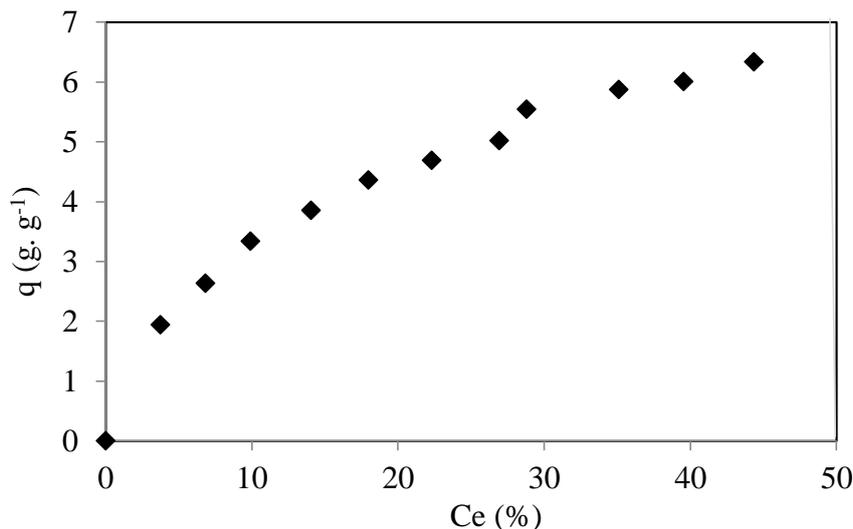
A partir da Fig. 8, pode-se observar que a biomassa conseguiu adsorver gasolina nos primeiros minutos de contato gasolina/biomassa, sendo a maior adsorção nos tempos de 5 e 15 minutos, com valor máximo de adsorção de 3,85 (g.g⁻¹). Observaram-se também valores próximos de adsorção a partir do tempo de 20 minutos, sendo a adsorção menos eficiente no tempo de 55 minutos. Sendo assim, a adsorção é mais eficiente no início do processo.

O processo de adsorção foi satisfatório, tendo satisfatória redução da concentração do poluente na solução, conforme a literatura prevê (LIMA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2018), havendo pequenas variações ao longo do tempo

ESTUDO DO EQUILÍBRIO

A partir dos dados obtidos nos experimentos, foi construída a curva do equilíbrio referente aos resultados obtidos, variando as concentrações de 5 a 60%, apresentada na Fig. 9. A quantificação foi feita em proveta volumétrica de 100 mL.

Figura 9 – Estudo do equilíbrio para a biomassa da palha de feijão seca ao natural.



FONTE: Autoria própria, 2017.

O estudo do equilíbrio foi realizado visando à determinação da capacidade máxima de adsorção do adsorvente utilizado. A partir da Fig. 9, pode-se observar que a capacidade máxima de adsorção da vagem do feijão foi de 6,34 g.g⁻¹. A partir dos resultados obtidos, comparando-se com Cavalcante (2017), que obteve capacidade máxima de adsorção de 7,04 g.g⁻¹, pode-se considerar que a biomassa vagem de feijão apresenta eficiência na remoção de gasolina presente em corpos d'água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados avaliados, pode-se concluir que, na cinética de adsorção, a biomassa conseguiu adsorver contaminante logo nos primeiros minutos de contato da gasolina com a biomassa, com valor máximo de adsorção de 3,85 (g.g⁻¹) no tempo de cinco minutos.

A partir da curva do equilíbrio foi determinada a capacidade máxima de adsorção no valor de 6,34 g.g⁻¹.

Com isso, a vagem de feijão pode ser classificada como um material eficiente para a remoção de gasolina presente em água, utilizando-se a técnica de adsorção, visto que conseguiu adsorver o contaminante sendo, também, um material economicamente viável para o processo.

REFERÊNCIAS

ABREU, F. B.; LEAL, N. R.; RODRIGUES, R.; AMARAL JUNIOR, A. T.; SILVA, D. J. H. Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de hábito de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**, Brasília: 2004. v.22, n.3. jul-set. p.547–552.

AGSOLVE. Disponível em: www.agsolve.com.br. Acesso em: Maio de 2017.

ANALÍTICA AMBIENTAL. Disponível em: www.analiticaambiental.com.br. Acesso em: Maio de 2017.

ANJOS, R. B. **Avaliação de HPA e BTEX no solo e água subterrânea, em postos de revenda de combustíveis: estudo de caso na cidade de Natal- RN**. Dissertação de mestrado (Ciência e Engenharia de Petróleo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal- RN, 2012.

ARAÚJO, S. M. S.; **A região semiárida do nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos**. Rios Eletrônica - Revista Científica da FASETE. Ano 5. Nº 5. Universidade Federal de Campina Grande UFCG - PB, 2011.

BRITO, F. do V.; OLIVEIRA, A. S.; NEVES, H. C.; AZEVEDO, J. A. T.; BHERING, D. L.; REIS, S. M.; MACHADO, M. C. S.; AZEVEDO, G. C.; CARVALHAES, G. K. **Estudo da Contaminação de Águas Subterrâneas por BTEX oriundas de postos de distribuição no Brasil**. 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. Salvador- BA, 2005.

CAMPO & NEGÓCIO. **Produção de feijão-vagem no Brasil**. Disponível em: www.revistacampoenegocios.com.br. Acesso em: Setembro de 2017.

CAVALCANTE, L. E. **Avaliação do Processo de Adsorção de Contaminantes Orgânicos em Água, Utilizando Casca da Palma Forrageira (*Opuntia Ficus*) Como Biomassa para sua Remoção**. Monografia (Graduação), Campina Grande – Paraíba, 2017.

CORREPAR. **História do feijão**. Disponível em: www.correpar.com.br. Acesso em: Setembro de 2017.

CORSEUIL, H. X.; MARINS, M. D. M. **Contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina: o problema é grave?** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 2, Nº 2, p. 50-54, 1997.

CULTIVAR. Disponível em: www.grupocultivar.com.br. Acesso em: Maio de 2019.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**, 2 ed., Viçosa-MG: Editora UFV, 2003, 412p.

FRANCELINO, F. M. A.; GRAVINA, G. A.; MANHÃES, C. M. C.; CARDOSO, P. M. R.; ARAÚJO, L. C. Avaliação de linhagens de feijão-de-vagem para as regiões Norte e Noroeste Fluminense, **Revista Ciência Agrônômica**, 42: 554-562, 2011.

GUELFY, L. R.; SCHEER, A. P. **Estudo de adsorção para purificação e separação de misturas na indústria petrolífera**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba- PR, 2007.

LIMA, L. M. R.; COSTA, K. J. B.; OLIVEIRA, E. D. C.; OLIVEIRA, E. K. G.; SANTOS, T. C.; SILVA, V. L. M. M. Utilização do mandacaru (*Cereus jamacaru*) como biomassa adsorvente de gasolina presente em corpos d'água, **X Encontro Brasileiro sobre Adsorção**, Guarujá – SP, 2014.

LIMA, L. M. R.; TAVARES, D.; OLIVEIRA, F. J. C.; SILVA, J. L. B. C.; MARTINS, T. D. N.; LIMA, M. R. **Avaliação do poder adsorptivo da palma forrageira (*Opuntia ficus*) para remoção de contaminantes hidrogenocarbonados em águas de descarte.** In : XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Fortaleza- CE, 2016.

LIMA, L. M. R.; SILVA, J. L. B. C. da; CAVALCANTE, L. E.; SILVA, E. D. A. F. da; LIMA, L. M. R. L., **Avaliação do poder adsorptivo da palma forrageira (*Opuntia tuna mill*) sem casca para uso na remoção de gasolina comum em corpos d'água,** In: III Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e V Workshop de Engenharia de Petróleo, Salvador-BA, 2018.

LUNA, F. M. T. **Estudos de adsorção de poliaromáticos em materiais nanoporosos.** Dissertação de Mestrado (Engenharia Química). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza- CE, 2007.

MACHADO, F. H.; FERREIRA, O. M. **Postos de combustíveis: quantificação e qualificação da atividade no município de Goiânia.** Universidade Católica de Goiás. Goiânia- GO, 2017.

NASCIMENTO, R. F.; LIMA, A. C. A.; VIDAL, C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S. C. **Adsorção: Aspectos teóricos e aplicações ambientais.** 256 p. Fortaleza, 2014.

OLIVEIRA, E. S. **Avaliação da adsorção da ortofenantrolina na perlita expandida utilizando a termogravimetria e espectrofotometria de absorção molecular UV-VIS.** Relatório de estágio (Bacharel em Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Instituto de Química. Natal- RN, 2016.

OLIVEIRA, L. H. **Tratamento de água produzida contaminada com óleo diesel utilizando adsorventes funcionalizados.** Doutorado (Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2015.

PEREIRA, R. S. **Poluição hídrica: causas e consequências.** Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH-UFRGS v. 1 n. 1 p. 20-36. 2004.

RAULINO, G. S. C. **Biossorção em sistema multielementar dos íons Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} e Zn^{2+} em solução aquosa usando a vagem seca do feijão (*phaseolus vulgaris l.*) modificada: otimização usando planejamento fatorial.** Tese de doutorado (Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza- CE, 2016.

SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TAURA, T. A.; DRUMONT, M. A.; **Mapeamento da desertificação do semiárido paraibano com base na sua cobertura vegetal e classes de solos.** Embrapa Semiárido. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu - PR, 2013.

SALVADOR, G. **Estudo da adsorção de cobre (II) usando como adsorvente pó da casca de coco verde ativada com hidróxido de sódio.** Universidade federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2009.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. **Botânica.** In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. p.41-66.

SILVA, A. T. **Influência da temperatura na adsorção do corante azul de metileno utilizando serragem de *Pinus elliottii* como um adsorvente alternativo: um modelo para o tratamento de efluentes têxteis.** Monografia (Bacharel em Química) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis- SC, 2005.

SILVA, M. L. R.; FAZZIO, A. L.; FREIRE, C. C.; FERREIRA, I. V. L. **Postos de combustíveis e contaminação das águas subterrâneas: aspectos legais.** IV Congresso de Engenharia, Ciência e Tecnologia, 2010.

TIBURTIUS, E. R. L.; ZAMORA, P. P.; LEAL E. S. **Contaminação de águas por BTXS e processos utilizados na remediação de sítios contaminados.** Química nova. Vol. 27, Nº 3, p. 441-446, 2003.

ZEFERINO, L. F.; FREITAS, P. A. M.; **estudo cinético da adsorção do corante indigo blue (2,2'- bis - 2,3 - diidro - 3 - oxoindolilideno) em fibras de casca de coco verde (*cocos nucifera l*).** Escola de Engenharia Mauá, 2013.

<https://waste.ideal.es/phaseolusvulgaris.htm>, Acesso em: Setembro de 2019.