

**Ensino do Laboratório de Engenharia Química baseado em projeto: adsorção de gasolina empregando casca de banana**

**Chemical Engineering Laboratory teaching using Project-based learning approach: gas adsorption using banana peel**

**Enseñanza del Laboratorio de Ingeniería Química basado en proyecto: adsorción de gas con cáscara de plátano**

Recebido: 03/02/2020 | Revisado: 15/02/2020 | Aceito: 20/02/2020 | Publicado: 10/03/2020

**Natália Pazin Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2241-4063>

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: [nataliapazin.engquim@gmail.com](mailto:nataliapazin.engquim@gmail.com)

**Kássia Graciele dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7452-6900>

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: [kassia.santos@uftm.edu.br](mailto:kassia.santos@uftm.edu.br)

## **Resumo**

Este projeto foi desenvolvido como uma metodologia ativa de ensino, em que alunos da disciplina de Laboratório de Operações Unitárias da Engenharia Química implementaram um projeto de Ação Humanitária, propondo uma resposta sustentável a problemas de países pobres, usando equipamentos estudados na disciplina. Motivados pelos derramamentos de gasolina tragicamente ocorridos em Bogotá, propôs-se a purificação da água contaminada por gasolina por adsorção com biomassa, que apresenta boa eficiência de adsorção e possui baixo custo. O adsorvente utilizado neste trabalho foi a casca de banana, que é uma fruta abundante no país. Assim, com o objetivo de avaliar a atividade do adsorvente na remoção de gasolina, foram estudadas a isoterma de equilíbrio, a cinética da adsorção e a dinâmica da coluna de leito fixo, construída de garrafa PET. Foi possível adsorver cerca de 1,91 g de gasolina/g da biomassa, assim esta operação pode ser uma alternativa de baixo custo para a recuperação de aquíferos contaminados. Além do trabalho técnico-científico, foi gerado um vídeo explicativo em inglês, para difundir o conhecimento produzido a outros países. Os alunos relataram que o trabalho teve caráter interdisciplinar, sustentável e tecnológico, desenvolvendo várias competências e habilidades necessárias à profissão do engenheiro.

**Palavras-chave:** Metodologia ativa de ensino; Adsorção; Engenharia Química.

## **Abstract**

This project was developed as an active learning practice, where Chemical Engineering students, during the Unit Engineering Laboratory course, implemented a Humanitarian Action project, proposing a sustainable response to problems in poor countries through equipment studied in this course. Motivated by the gasoline release tragically occurred in Bogotá, it was proposed to purify the contaminated water by gasoline using adsorption, using a biosorbent with good adsorption efficiency and low cost. The adsorbent used in this work was banana peel, which is an abundant fruit in the country. Thus, in order to evaluate the biomass adsorption capacity, it was obtained the equilibrium isotherm, the adsorption kinetics and the fixed bed column dynamics, constructed from PET bottle. It was possible to adsorb about 1.91 g of gasoline/g of biomass. So, this operation can be a low-cost alternative for the recovery of contaminated aquifers. In addition to the technical report, the students also made an explanatory video in English, to disseminate the knowledge produced to other countries. The students reported that this practice was interdisciplinary, sustainable and technological, developing many competencies and skills necessary for the engineering career.

**Keywords:** Active learning; Adsorption; Chemical Engineering.

## **Resumen**

Este proyecto se desarrolló como una metodología de enseñanza activa, en la cual los estudiantes de Ingeniería Química implementaron un proyecto de Acción Humanitaria, proponiendo una respuesta sostenible a los problemas en los países pobres, utilizando equipos estudiados en la disciplina de Operaciones Unitarias. Motivado por los derrames de gasolina que ocurrieron en Bogotá, se propuso purificar el agua contaminada con gasolina por adsorción usando biomasa, que presenta una buena eficiencia de separación y bajo costo. El adsorbente fue la cáscara de plátano, que es una fruta abundante en el país. Por lo tanto, para evaluar la actividad del adsorbente en la eliminación de gasolina, se estudió la isoterma de equilibrio, la cinética de adsorción y la dinámica de la columna de lecho fijo, construida a partir de una botella de PET. Los resultados mostraron que era posible adsorber alrededor de 1,91 g de gasolina / g de biomasa y que esta operación puede ser una alternativa de bajo costo para la recuperación de acuíferos contaminados. Además del trabajo técnico-científico, se generó un video explicativo en inglés, para difundir el conocimiento producido a otros países. Los estudiantes informaron que el trabajo fue interdisciplinario, sostenible y tecnológico, desarrollando diversas competencias y habilidades necesarias para la profesión de ingeniería.

**Palabras clave:** Metodología de enseñanza activa; Adsorción; Ingeniería Química.

## 1. Introdução

Os processos produtivos têm se tornado mais complexos e dinâmicos, demandando dos profissionais de engenharia um conjunto de conceitos e competências que, na maioria das vezes, as técnicas didáticas convencionais não contemplam.

As metodologias ativas de ensino contemplam a participação dinâmica do aluno na formação do conhecimento, estimulando o conhecimento a partir da interação, discussão e atuação. Dessa forma, quando comparada aos métodos de ensino tradicionais, como uma aula expositiva, esta estratégia favorece a interação do aluno com o conteúdo estudado. Segundo Silberman (1996), através dos métodos ativos, os alunos assimilam maior volume de conteúdo, retêm a informação por mais tempo e aproveitam as aulas com maior satisfação e prazer.

Nas metodologias ativas, o aprendizado é centrado no aluno, que assume a corresponsabilidade pela aquisição do conhecimento, caracterizando um papel ativo. O professor não é considerado a fonte de informação e passa a ser um tutor com papel de facilitador, tendo a função de estimular, motivar, provocar e questionar os estudantes, deixando de ser o único detentor e transmissor do conhecimento (Welter et al., 2020). Assim, a participação e o interesse do aluno na aquisição do conhecimento são peças-chave, exercitando a construção da educação e não caracterizando apenas uma transmissão passiva de informações.

Para promover a aprendizagem ativa, alguns métodos sistematizados têm se mostrado eficientes, por exemplo: a Aprendizagem Baseada em Problemas (Tolfo, 2020; Goi & Santos, 2020); a Aprendizagem Baseada em Projetos (Monteiro et al., 2017; Cruz & Gomes, 2019); a Sala de aula invertida ou *flipped classroom* (Capellato et al., 2019; Lopes et al., 2020), Engenharia Didática (Viera et al., 2019; Oliveira et al., 2020a,b), Aprendizagem Baseada em Times; Métodos de Caso (Mayer, 2012); dentre outras metodologias ativas (Rocha, 2014; Cavalcante et al., 2018; Shitsuka et al., 2019; Souza et al., 2019; Bigolin et al., 2020; Costa et al., 2020).

Além disso, o ensino e aprendizagem contam com uma gama de ferramentas tecnológicas, que permitem o acesso rápido a mídias áudio visuais, como o uso de smartphones, uso de aplicativos móveis (Lima & Santos, 2019a,b), softwares executáveis que não necessitam instalação prévia (Silva & Santos, 2018; Melo et al., 2018), jogos iterativos (Reis & Júnior, 2019; Silva et al., 2019; Cavalcante et al., 2018), vídeos e filmes (Moura & Viana, 2019), acesso a banco de dados virtuais (Capellato et al., 2019); ambientes virtuais de

aprendizagem como o Moodle (Nascimento & Carvalho, 2020; Veloso & Silva, 2020), dentre outros.

A estrutura da metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas, como é conhecida hoje, surgiu nos anos 1960 no Canadá, onde foi aplicada inicialmente em escolas de Medicina. Segundo Araújo (2011), apesar da aplicação inicial na área médica, a Aprendizagem Baseada em Problemas vem sendo utilizada em várias outras áreas do conhecimento, incluindo administração, economia, engenharias e matemática. Tolfo (2020), em seu estudo, comprova que esta metodologia é eficiente, por exemplo, em disciplinas de modelagem de processos e desenvolvimento de sistemas de informação.

Esse método de ensino fundamenta-se no uso contextualizado de uma situação problema para o aprendizado autodirigido. Suas premissas baseiam-se na construção individual do conhecimento e posterior construção social a partir da relação com o ambiente e, dessa forma, não considera que o conhecimento pode ser propagado. Além disso, conceitua que o conhecimento é motivado por circunstâncias relevantes (Hung et al., 2008). Nesse cenário, o professor atua como um guia nos grupos de trabalho ou estudo, nos quais a interação entre professor-aluno é muito mais intensa do que em aulas tão somente expositivas.

A Aprendizagem Baseada em Problemas procura transformar um problema como base de motivação para o aprendizado autodirigido, dando ênfase à construção do conhecimento em ambiente de colaboração mútua. A retenção de conteúdo, o desenvolvimento de competências para solução de problemas e o pensamento crítico são vantagens da Aprendizagem Baseada em Problemas, quando comparada ao ensino tradicional (Dube et al., 2014; Hassan, 2014).

A Aprendizagem Baseada em Projetos tem como um dos pressupostos a seleção de situações reais que devem estar relacionadas ao assunto central do projeto em desenvolvimento. Segundo Lettenmeier et al. (2014), por desenvolver diversas aptidões para a carreira profissional e proporcionar experiências interdisciplinares, esta abordagem vem se destacando em universidades de ciências aplicadas. Dentre os benefícios desta metodologia, está ainda, a exigência de adaptação do aluno conforme o surgimento de adversidades, como ocorre na vida profissional (Rudolph, 2014). Cruz e Gomes (2019) destacam que a Metodologia Baseada em Projetos é, ainda, uma solução para a falta de laboratórios com adequada instrumentação e equipamentos compatíveis com a ementa, pois permite ao aluno a construção de protótipos de sua área de atuação.

Moura e Barbosa (2011) resumiram algumas diretrizes fundamentais para o desenvolvimento da Aprendizagem Baseada em Projetos, sendo elas, a realização de projetos

por grupos de alunos com o número de participantes definido cautelosamente para cada experiência, definição de um período de tempo para a realização do projeto, escolha do tema a partir de uma negociação entre alunos e professores, considerado múltiplos interesses e objetivos didático-pedagógicos, uso de múltiplos recursos no desenvolvimento dos projetos, socialização dos resultados dos projetos em diferentes níveis de comunicação, como a própria sala de aula e a comunidade.

Independentemente do método de aprendizagem ativa, é essencial que o aluno trabalhe suas funções mentais de pensar, raciocinar, observar, refletir, entender, combinar, dentre outras que, unidas, compõem a inteligência, segundo a concepção de Pecotche (2011).

Enquanto o perfil do discente que ingressa nas universidades tem se modificado ano após ano, a maioria das Instituições de Ensino Superior (IES) empregam apenas a metodologia convencional de ensino, principalmente nos cursos de Engenharias e Ciências Exatas, se esquivando de implementar metodologias ativas de ensino, ou por negligência, ou desinformação, ou pela resistência do meio acadêmico de nível superior.

As disciplinas de projeto de equipamentos para separação de misturas são parte do currículo das engenharias, principalmente das Engenharias Química, de Processo, Ambiental, Alimentos, Civil, dentre outras. No entanto, a heterogeneidade das turmas e o tempo reduzido que estas disciplinas ocupam nos currículos dos cursos de Engenharia têm motivado a utilização de novas ferramentas e metodologias para auxiliar os alunos na compreensão dos fenômenos de transferência de massa, energia e quantidade de movimento, que ocorrem dentro dos equipamentos, a assim, aumentar a motivação e interesse dos alunos.

No contexto das Operações Unitárias envolvendo transferência de massa, a adsorção é uma operação baseada em fenômenos de superfície. Uma vez que os átomos próximos da superfície dos materiais não se encontram completamente ligados, geralmente as superfícies possuem cargas livres que podem se tornar sítios ativos para capturar moléculas que possuam afinidade com o sítio do adsorvente. Assim, existem materiais que podem ser selecionados para serem adsorventes, segundo a afinidade química com a molécula (adsorbato) que contamina uma determinada corrente fluída (líquida ou gasosa).

Quando a interação é fraca, a adsorção é dita física e pode ser reversível, é também chamada de chamada fisissorção, e pode conduzir à formação de multicamadas nas paredes do sólido. No entanto, interações fortes são da mesma ordem de grandeza de ligações químicas, caracterizando a adsorção química que não é facilmente revertida (Ho & McKay, 1999).

O carvão ativo é dos adsorventes mais empregados na literatura para adsorção, por apresentar características como a elevada área interfacial com a fase fluida. Apesar de ser um material inerte e resistente mecanicamente, características desejadas em um bom adsorvente (Geankoplis, 2010), o carvão ativo apresenta um custo alto.

Uma alternativa sustentável e de baixo custo para adsorção é a utilização de biomassas como adsorventes, promovendo o aproveitamento de vários resíduos agroindustriais que outrora eram descartados de maneira incorreta no ambiente. As biomassas são usualmente muito porosas, o que pode proporcionar alta área interfacial entre a partícula e o fluido durante a transferência de massa.

Na literatura encontram-se vários trabalhos usando biomassas na adsorção de corantes de efluentes têxteis (Ho & McKay, 1998; Zhang et al., 2011; Jorge et al., 2015; Sotiles, 2017), de metais pesados (Colombo, 2013; Silva, 2014), gases (Ursueguía et al., 2020; Wang et al., 2020), compostos orgânicos (Corseuil, 1992; Santos et al., 2003), dentre outros.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta o Projeto Orientado desenvolvido na Disciplina de Laboratório de Operações Unitárias do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, no ano letivo de 2016. O objetivo principal deste trabalho é reportar um dos resultados obtidos na implementação de uma prática pedagógica que associa as técnicas de Aprendizagem Baseadas no Projeto e no Problema. A escolha do problema a ser solucionado é dos alunos, e deve-se implementar um projeto a fim de solucionar este problema.

Assim, os alunos foram desafiados a simular o envolvimento em uma Ação Humanitária e escolher um País que enfrentasse uma necessidade básica que pudesse ser solucionada de forma sustentável, com baixo custo, empregando algumas das Operações Unitárias envolvendo Transferência de Massa. Buscou-se estimular nos alunos a criatividade e pro-atividade na resolução de problemas, além do senso humanitário de que o Engenheiro Químico tem acesso a uma área de conhecimento que pode melhorar a qualidade de vida da população.

O tema selecionado pelos alunos foi a adsorção empregando biomassa, para solucionar um problema de derramamento de gasolina ocorrido em Bogotá, Colômbia. Para tal, os alunos construíram um protótipo de coluna de adsorção em leito fixo e realizaram também testes de equilíbrio (isoterma) e de cinética da adsorção para demonstrar o potencial da casca de banana como biosorvente. Os resultados foram apresentados através de um vídeo em língua inglesa sobre o tema escolhido, tendo o público leigo como alvo, enquanto os resultados técnico-científicos foram entregues na forma de artigo científico, reportados trabalho.

## **2. Metodologia**

### ***2.1 Estrutura do Aprendizado Baseado no Projeto***

Inicialmente, os alunos foram instruídos a escolher o tema do projeto. Em seguida, foram coletados os fatos que motivaram o projeto para o entendimento das possíveis soluções a serem propostas. Assim foi formulado o problema a ser resolvido, e estabelecidos os objetivos a serem alcançados. Então, foram elaboradas as ideias para resolver desenvolver o projeto.

### ***2.2 Problematização***

No início de 2016, ocorreu um vazamento de gasolina em Bogotá, Colômbia, que contaminou solo e água da região e foi responsável por diversos outros prejuízos ambientais, principalmente na fauna e flora. A companhia responsável pelo desastre ambiental foi multada e fechada até que um novo plano de ação livre de riscos fosse apresentado (El espectador, 2016). No Brasil, o mesmo problema ocorre diariamente quando há derramamento de carga nas rodovias e no descarte de resíduos dos postos de gasolina.

Em um derramamento de gasolina, uma das mais graves consequências é a contaminação de aquíferos. Nesse tipo de desastre ambiental, inicialmente a gasolina se encontra no subsolo como líquido de fase não aquosa. Ao entrar em contato com o lençol freático, a gasolina se dissolve de maneira parcial (Corseuil, 1992). Os componentes de maior solubilidade em água, como benzeno, tolueno e xilenos, são os primeiros contaminantes a atingir o lençol freático. Estes compostos são considerados substâncias perigosas por serem depressoras do sistema nervoso central e comprovadamente cancerígenos (Coutinho, 2007).

Dessa forma, o estudo de tecnologias apropriadas para o tratamento de corpos d'água contaminados por combustíveis fósseis é de extrema importância.

A adsorção é uma operação unitária em que o componente de um fluido, o adsorbato, interage com a fase sólida, o adsorvente, se conectando em sua superfície. Dentre suas principais aplicações estão a remoção de componentes orgânicos da água ou de soluções orgânicas, coloração de impurezas orgânicas, produtos de fermentação dos efluentes de fermentação, remoção de compostos sulfurados do gás natural, odores do ar etc. (Geankoplis, 2010). Uma desvantagem comum do processo de adsorção é o alto preço de adsorventes comerciais, além de sua difícil regeneração. Assim, novos adsorventes têm sido estudados de forma a tornar este processo mais atrativo economicamente, mantendo a eficácia.

A fim de incluir o caráter sustentável requerido pelo projeto, a casca de banana foi escolhida como material adsorvente por ser uma biomassa residual abundante, de baixo custo, reduzindo também o impacto ambiental provocado pelo seu descarte em locais inapropriados.

Usualmente, a adsorção ocorre em um leito fixo, sendo as partículas mantidas fixas por uma tela, ou prato perfurado, e o fluido passa continuamente pelo leito até que o sólido se encontre próximo do ponto de saturação (McCabe et al., 2005).

Assim, a análise da eficiência de adsorção da casca de banana para remover gasolina da água, realizando adsorção em leito fixo, foi o problema abordado durante o desenvolvimento deste projeto. Foram estudadas a isoterma de equilíbrio, a cinética e a dinâmica de adsorção do adsorvedor de leito fixo em temperatura ambiente. A curva de ruptura do processo foi obtida com o objetivo de determinar parâmetros como a máxima capacidade de adsorção do leito e o tempo final de saturação. A seguir, apresenta-se a metodologia experimental empregada.

### ***2.3 Caracterização do Material Adsorvente***

As cascas de banana foram levadas à estufa a 90°C por 24h, em seguida, foram trituradas manualmente. Na sequência, o adsorvente foi peneirado com o intuito de se obter um diâmetro médio de 1,01mm.

### ***2.4 Isoterma de Adsorção***

O estudo do equilíbrio do processo de adsorção é importante para determinar a viabilidade da escolha do adsorvente para a limpeza da solução, já que é uma medida que indica a quantidade máxima de adsorbato que o adsorvente é capaz de adsorver.

Neste trabalho, os experimentos para construção da isoterma de adsorção foram executados em béqueres de 250 mL, sob agitação constante à temperatura de 25°C, por 24h. No fim dos testes, as amostras foram filtradas através de uma peneira doméstica comum e adicionadas a provetas, com o intuito de quantificar volumetricamente a concentração da solução final.

Para a construção da isoterma de adsorção, seis soluções com diferentes concentrações de gasolina (0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 e 0,30 v/v) foram feitas em volume fixo de 100 mL. A massa de adsorvente foi fixada em 4g para os seis testes realizados. A partir dos resultados experimentais, foi possível calcular a quantidade de gasolina adsorvida pela casca de banana através da Equação 1, na qual  $q_e$  é o volume de gasolina adsorvida pela casca de banana no

equilíbrio ( $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$ );  $C_0$  é a concentração inicial da solução de gasolina ( $\text{mL}/\text{mL}$ );  $C_e$  é a concentração de gasolina no equilíbrio ( $\text{mL}/\text{mL}$ );  $V$  é o volume da solução ( $\text{mL}$ ) e  $m$  é a massa do adsorvente ( $\text{g}$ ).

$$q_e = \frac{V(C_0 - C_e)}{m} \quad (1)$$

A aquisição dos dados de equilíbrio e sua descrição por modelos matemáticos, apontam se a purificação exigida pode ser alcançada e qual o valor máximo de soluto que o adsorvente adsorverá ( $q_e$ ), o que define se o adsorvente é financeiramente viável para a depuração do líquido (Schimmel, 2008). Os modelos utilizados neste trabalho estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Modelos de Isoterma de Adsorção.

| Modelos            | Equação  |
|--------------------|--|
| Langmuir           | $q_e = \frac{q_{m\acute{a}x} b_L C_e}{1 + b_L C_e} \quad (2)$                        |
| Freundilch         | $q_e = k_F C_e^n \quad (3)$  |
| Sips               | $q_e = \frac{q_{m\acute{a}x} (k_s C_e)^{n_s}}{1 + (k_s C_e)^{n_s}} \quad (4)$        |
| Tóth               | $q_e = \frac{q_{m\acute{a}x} C_e}{\left(1/k_T + C_e^{n_T}\right)^{1/n_T}} \quad (5)$ |
| Redlich e Peterson | $q_e = \frac{k_{RP} C_e}{1 + \alpha_{RP} C_e^g} \quad (6)$                           |

Fonte: Adaptado de Colombo (2013).

## 2.5 Cinética de adsorção

As leis cinéticas permitem o estudo do comportamento do sistema no regime transiente através da análise dos perfis de concentração por uma interface. Os modelos de cinética de adsorção utilizados neste trabalho são apresentados na Tabela 2.

Os experimentos para a análise da cinética de adsorção foram realizados em béqueres de 250 mL, sob agitação constante à temperatura de 25°C, com concentração de 0,30 v/v e quantidade fixa de 10 g de casca de banana. Foram retiradas 5 alíquotas em intervalos de tempo determinados. A quantidade de gasolina adsorvida pela casca de banana foi obtida utilizando-se a Equação 7.

$$q_t = \frac{v(c_0 - c_t)}{m} \quad (7)$$

em que  $q_t$  é o volume de gasolina adsorvido pela casca de banana no tempo  $t$  (mL.g<sup>-1</sup>);  $C_0$  é a concentração inicial da solução de gasolina (mL/mL);  $C_t$  é a concentração de gasolina no tempo  $t$  (mL/mL);  $V$  é o volume da solução (mL) e  $m$  é a massa do bioadsorvente (g).

Tabela 2: Modelos Cinéticos de Adsorção.

| Modelo          | Equação   |
|-----------------|---|
| Pseudo 1ª Ordem | $q_t = q_{e1}[1 - \exp(-k_1 t)]$ (8)                |
| Pseudo 2ª Ordem | $q_t = \frac{k_2 q_{e2}^2 t}{1 + q_{e2} k_2 t}$ (9) |

Fonte: Adaptado de Schimell (2008).

## 2.6 Adsorção em leito fixo

O equipamento de leito fixo foi construído, como mostra a Figura 1, a partir de uma garrafa PET de 55 mm de diâmetro e altura de 20 cm, e mangueiras de silicone na entrada e na saída, para conectar ao reservatório de água contaminada com gasolina e reservatório coletor. Foi adotado um fluxo de sentido ascendente, que fluiu através do leito de partículas até a parte superior da coluna, a partir de uma bomba de circulação. O equipamento foi empacotado com 200g de casca de banana, alimentado com uma solução 0,25mL gasolina/mL de solução a uma vazão de 50 mL/min e foram recolhidas, no topo do leito, amostras em diferentes intervalos de tempo, a fim de se construir a curva de ruptura. As amostras foram analisadas volumetricamente através de uma proveta de 10 mL.

Figura 1: Unidade experimental



O ponto de ruptura é definido como o instante em que o soluto passa a apresentar concentração significativa na saída da coluna. Através dos dados experimentais, construiu-se a curva de ruptura do leito fixo e os resultados foram ajustados aos modelos de Thomas, Yan e Wolborska, como mostra a Tabela 3. Foram calculados, também, o tempo útil do leito até o ponto de ruptura, o tempo total de saturação, a altura útil, a zona de transferência de massa e a máxima capacidade de adsorção do leito, como mostram as Equações de 13 a 17, respectivamente (Zhang *et al.*, 2011).

Tabela 3: Modelos de Curva de Ruptura

| Modelos   | Equação   |
|-----------|---|
| Thomas    | $\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + \exp\left[\frac{K_{Th}}{Q}(q_{Th}m - C_0Qt)\right]}$ (10) |
| Yan       | $\frac{C}{C_0} = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{QC_0t}{q_{YAN}m}\right)^a}$ (11)          |
| Wolborska | $\frac{C}{C_0} = \exp\left(\frac{\beta C_0}{N_0}t - \frac{\beta Z}{u}\right)$ (12)      |

Fonte: Adaptado de Canteli (2013).

$$t_u = \int_0^{t_b} \left(1 - \frac{C_t}{C_0}\right) dt \quad (13)$$

$$t_t = \int_0^{\infty} \left(1 - \frac{C_t}{C_0}\right) dt \quad (14)$$

$$H_u = \frac{t_u}{t_t} H_t \quad (15)$$

$$ZTM = H_t - H_u \quad (16)$$

$$q_U = \frac{C_0 Q}{1000m} \int_0^{t_s} \left(1 - \frac{C_t}{C_0}\right) dt \quad (17)$$

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Isoterma de Adsorção

A partir dos testes com diferentes concentrações de solução, foi possível obter a isoterma de adsorção, como mostra a Figura 2 e os resultados da Tabela 4. A isoterma experimental apresentou um comportamento favorável, comprovando a eficiência da casca de banana na remoção de gasolina da água. Sua análise permite concluir, que quanto maior a concentração inicial da solução de gasolina, mais facilmente pode ser observada a adsorção.

Figura 2: Isoterma e Ajuste dos Modelos

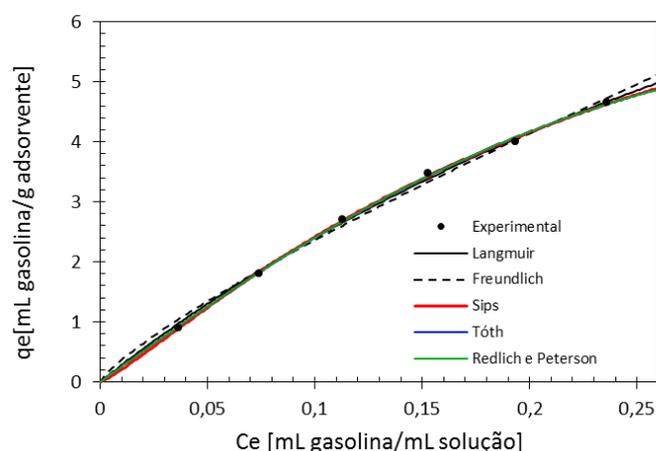


Tabela 4: Ajuste aos Modelos de Equilíbrio da adsorção de gasolina na casca de banana.

| Modelos            | Parâmetros  | Desvio Padrão               | R <sup>2</sup> |
|--------------------|---|-----------------------------|----------------|
| Langmuir           | $q_{m\acute{a}x} = 15,3115$<br>$b_L = 1,8583$                   | 1,8614<br>0,2998            | 0,9978         |
| Freundlich         | $k_F = 15,2770$<br>$n = 0,8111$                                 | 1,1596<br>0,0422            | 0,9936         |
| Sips               | $q_{m\acute{a}x} = 9,5386$<br>$k_s = 4,0279$<br>$n_s = 1,1877$  | 1,5568<br>1,0485<br>0,0933  | 0,9991         |
| Tóth               | $q_{m\acute{a}x} = 6,9479$<br>$k_T = 15,5745$<br>$n_T = 2,1233$ | 1,8175<br>24,3103<br>0,8525 | 0,9988         |
| Redlich e Peterson | $k_{RP} = 25,5354$<br>$\alpha_{RP} = 4,2308$<br>$g = 1,8243$    | 1,3707<br>3,2776<br>0,6592  | 0,9981         |

Foi possível observar que a remoção de gasolina foi maior em concentrações mais baixas, atingindo 100% de remoção para 0,05 v/v. Esse fato pode ser explicado pela relação entre sítios ativos do adsorvente e adsorbato ser maior, assim a saturação ocorre mais lentamente. Para a concentração mais alta, de 0,3 v/v, a porcentagem de remoção foi de 77,28%, já que nessa condição os sítios ativos são impregnados mais rapidamente, devido ao maior número de moléculas de gasolina presente na solução concorrendo à mesma quantidade de sítios ativos.

Analisando o ajuste das Isotermas, observou-se que o Modelo de Sips apresentou maior coeficiente de correlação quadrática no ajuste, e conseqüentemente um menor desvio em relação aos dados experimentais.

A Isoterma de Sips é uma combinação entre as Isotermas de Langmuir e Freundlich. Assim, para soluções diluídas o modelo se resume à Isoterma de Freundlich, enquanto que para soluções concentradas, a Isoterma é capaz prever a adsorção em monocamadas, como na isoterma de Langmuir.

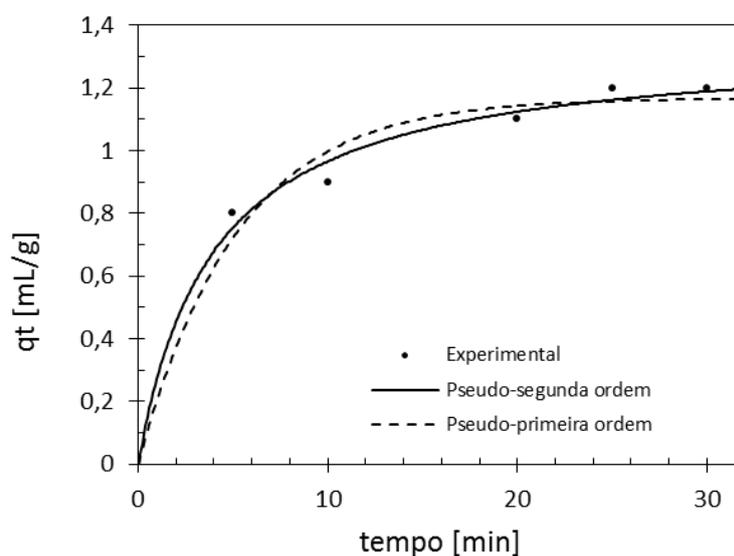
Neste trabalho, a capacidade máxima de adsorção encontrada pela isoterma de SIPS foi de 9,539 mL de gasolina/g biomassa. No entanto, para a comparação deste valor com a isoterma experimental, esta deveria conter experimentos com soluções de maior concentração de gasolina.

O valor do parâmetro  $n > 1$  indica que a superfície do biossorbente é altamente heterogênea e assim ocorre a formação de mais de uma camada de adsorbato no adsorbente, o que caracteriza uma cooperatividade positiva, em a adsorção em cada camada contribui para a adsorção das camadas seguintes por intermédio de interações laterais das moléculas (Praus e Turicová, 2007; Sotiles, 2017). Isoterma de Sips geralmente se ajusta bem em processos de biossorção, como encontrado por Jorge et al (2015), que estudou a adsorção de corante azul de metileno em bagaço de cana.

### 3.2 Cinética de Adsorção

A Figura 3 apresenta os resultados do teste cinético, através da relação entre quantidade adsorvida  $q_t$  (mL.g<sup>-1</sup>) e tempo  $t$  (min). A partir dos dados obtidos, observou-se que o equilíbrio foi rapidamente atingido, por volta de 22 minutos para a concentração inicial de 0,3 mL de gasolina/ mL de solução, fato que viabiliza o processo em escala industrial.

Figura 3: Cinética de Adsorção Experimental Ajustada aos Modelos Cinéticos.



A Tabela 5 apresenta os valores obtidos para os parâmetros dos modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem, através dos ajustes aos dados experimentais. A operação de adsorção da gasolina na casca de banana segue o modelo de Pseudo-segunda ordem, que apresentou melhor coeficiente de correlação ( $R^2=0,9347$ ). No modelo cinético de pseudo-segunda ordem, assume-se que a velocidade de adsorção é diretamente proporcional ao quadrado de sítios disponíveis e que a adsorção é de natureza química, envolvendo forças de valência ou troca de elétrons entre o adsorbato e o adsorvente (Ho & McKay, 1998).

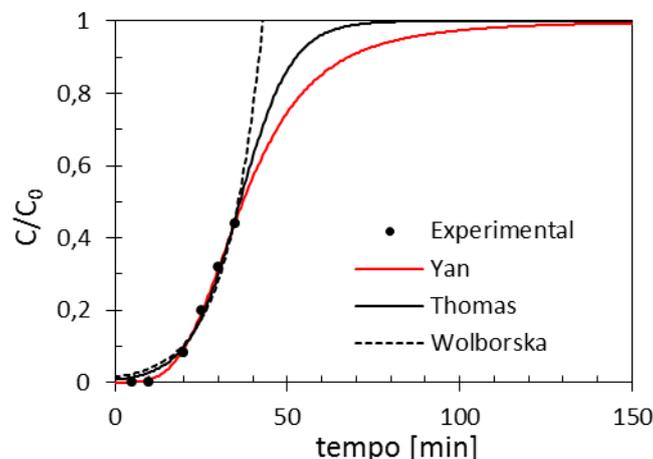
Tabela 5: Parâmetros dos Modelos de Cinética de Adsorção ( $q_e$  [mL.g<sup>-1</sup>] e  $k$  [min<sup>-1</sup>])

| Modelos         | Parâmetros        | Desvio Padrão | R <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------|---------------|----------------|
| Pseudo 1ª Ordem | $q_{e1} = 1,1677$ | 0,0532        | 0,8448         |
|                 | $k_1 = 0,1927$    | 0,03747       |                |
| Pseudo 2ª Ordem | $q_{e2} = 1,3435$ | 0,0518        | 0,9347         |
|                 | $k_2 = 0,1907$    | 0,0661        |                |

### 3.3 Adsorção em Leito Fixo

A saturação do leito ocorre quando a concentrações da solução de saída se torna igual a concentrações da solução de alimentação ( $C/C_0=1$ ). Apesar da curva experimental não estar completa, foi possível obter as informações necessárias para o cálculo dos parâmetros que avaliam a utilidade do leito fixo. Os resultados dos ajustes aos modelos de curva de ruptura encontram-se na Tabela 6 e na Figura 4.

Figura 4: Ajuste dos Modelos à Curva de Ruptura.



Observou-se que os três ajustes foram satisfatórios. No entanto, a tendência do modelo de Wolborska é representativa apenas para baixas concentrações (Zangh et al., 2011), o que é apropriado para este trabalho. Para o cálculo dos demais parâmetros do leito fixo, foi utilizado o modelo de Yan, já que não foi possível obter, experimentalmente, os valores relativos à completa saturação do leito.

Tabela 6: Parâmetros dos Modelos de Curva de Ruptura

| Modelos   | Parâmetros                 | Desvio Padrão | R <sup>2</sup> |
|-----------|----------------------------|---------------|----------------|
| Thomas    | $q_{m\acute{a}x} = 1,6760$ | 0,0001        | 0,9867         |
|           | $k_{Th} = 0,0007$          | 0,0311        |                |
| Yan       | $q_{YAN} = 1,7172$         | 0,0176        | 0,9980         |
|           | $\alpha = 3,5659$          | 0,1470        |                |
| Wolborska | $\beta = 0,4434$           | 0,0441        | 0,9704         |
|           | $N_0 = 831,6112$           | 29,1115       |                |

Os parâmetros de utilidade da operação no leito fixo encontram-se na Tabela 7. A capacidade máxima de adsorção do leito observada foi de 1,91 g de gasolina/ g de adsorvente, representando, assim, mais um indicativo de que a adsorção é favorável. Dessa forma, os 200g de adsorvente presentes no interior do leito fixo seriam suficientes para adsorver 382 g de gasolina, o equivalente a 516 mL do combustível. Através da porcentagem útil do equipamento e da ZTM, é possível analisar a eficiência do leito fixo (Jorge et al., 2015). Um alto valor de ZTM indica que há uma pequena transferência de massa, portanto, são desejados baixos valores de ZTM.

Tabela 7: Parâmetros característicos do leito fixo para todas as condições.

| Parâmetros de Utilidade  |       |
|--|-------|
| $H_t$ (cm)   | 20    |
| $t_{sat}$ (min)  | 41,30 |
| $t_U$ (min)  | 16,34 |
| % útil   | 39,57 |
| $H_U$ (cm)   | 7,91  |
| ZTM (cm)   | 12,09 |
| $q_U$ $\left(\frac{g \text{ gasolina}}{g \text{ biomassa}}\right)$ | 1,91  |

Foi possível inferir que cerca de 40% do leito é realmente utilizado. Este fato, associado ao alto valor de ZTM obtido, indica que existem problemas de difusão no interior do equipamento e provavelmente pela baixa razão entre a altura e o diâmetro do leito. Esse valor pode ser aumentado modificando-se também a vazão de alimentação da solução. Assim, uma sugestão para trabalhos futuros inclui a diminuição do diâmetro do leito, para minimizar possíveis caminhos preferenciais, bem como variação da vazão de alimentação.

### ***3.4 Ensino e Aprendizagem***

Além dos resultados técnicos apresentados neste trabalho, houve também a criação de um vídeo em inglês deste projeto, permitindo que o público alvo fosse atingido. Além das competências científicas, foram também desenvolvidas outras habilidades dos futuros engenheiros, motivando-os a ser mais empreendedores e trabalhar com o conceito de sustentabilidade.

Quanto à eficácia desta metodologia sobre a aprendizagem do engenheiro em formação, apesar de não ter sido realizada um a enquete por escrito com os alunos, a fim de documentar a sua opinião sobre a eficácia da prática, vários alunos relataram que se sentiram desafiados e que necessitaram de conhecimentos de outras disciplinas para implementarem seus trabalhos, mostrando que a prática promove a interdisciplinaridade. Os alunos relataram durante a apresentação dos vídeos que o trabalho propiciou uma oportunidade de colocarem em prática uma segunda língua, e que também precisaram aprender a usar softwares de captação e edição de imagens, inserção de legendas e áudio.

Quanto ao trabalho em equipe, vários grupos relataram que precisaram vencer impasses com os membros do grupo, tanto na seleção de temas e das técnicas que seriam utilizadas, bem como na execução e apresentação dos resultados, mas que a definição de um consenso é possível e que esta será uma das maiores dificuldades que enfrentarão em sua futura rotina de engenheiros. Assim, para trabalhos futuros, sugere-se o registro da opinião e avaliação da prática pedagógica por parte dos alunos, por meio de um questionário.

## **4. Considerações Finais**

Este trabalho foi realizado como projeto orientado voltado para o ensino de Laboratório de Operações Unitárias, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro em Uberaba, MG, como parte da inclusão de metodologias ativas de ensino no currículo de

graduação em Engenharia Química. O trabalho foi inspirado pelo vazamento de gasolina ocorrido em Bogotá, Colômbia, mas que também ocorre com frequência por todo o Brasil.

A casca de banana apresentou um bom potencial para adsorção de gasolina e pôde ser representada pelo Modelo de Sips. Foram atingidos de 77,28% a 100% de remoção para efluentes com frações volumétricas de gasolina entre 0,05 e 0,30. Além disso, a cinética de adsorção segue o modelo de pseudo-segunda ordem, mostrando as ligações entre o adsorbato e adsorvente são fortes, caracterizando ligação química.

Os resultados de adsorção foram satisfatórios, adsorvendo cerca de 1,91 g de gasolina/(g de adsorvente), o que torna promissora esta operação em regime contínuo, empregando colunas de adsorção em paralelo. O modelo de Yan foi o que melhor ajustou os dados da curva de ruptura da adsorção em leito fixo, no qual observou-se a existência de problemas de difusão no interior do equipamento devido ao diâmetro elevado para uma baixa altura de leito fixo. Para trabalhos futuros, sugere-se uma análise deste processo de adsorção em leitos fixos com diâmetros menores e diferentes vazões de alimentação.

Além dos dados técnicos, os alunos desenvolveram várias competências e habilidades que serão úteis na profissão de engenheiro químico, como trabalho em equipe, criação de mídias audiovisuais, utilização de softwares de desenho e tratamento de dados.

Assim, diante dos desafios da universidade em implementar as novas Diretrizes Curriculares Nacionais aos cursos de engenharia, ditadas pelo Governo Brasileiro, acreditamos que este trabalho apresenta uma alternativa de metodologia de ensino em que o aluno aprende fazendo, construindo seu próprio conhecimento na prática.

## Referências

Araújo, U.F. (2011). A quarta revolução educacional: a mudança de tempos, espaços e relações na escola a partir do uso de tecnologias e da inclusão social. *ETD: educação temática digital*, Campinas, v. 12.

Arruda, M. A. Z & Tarley, C. R. T. (2003). Adsorventes Naturais: Potencialidades e Aplicações da Esponja Natural (*Luffa cylindrica*) na Remoção de Chumbo em Efluentes de Laboratório. *Revista Analytica*, São Paulo, v. 4.

Bigolin, N. M.; Silveira, S. R.; Bertolini, C.; Almeida, I. C.; Geller, M.; Parreira, F. J.; Cunha, G. B. & Macedo, R. T. (2020). Metodologias Ativas de Aprendizagem: um relato de

experiência nas disciplinas de programação e estrutura de dados. *Research, Society and Development*, 9(1), e74911648.

Boniolo, M. R. (2008). Biossorção de Urânio nas Cascas de Banana. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Brasil. (2017). Ministério da Agricultura. Recuperado em 30 de julho de 2017, de <http://www.agricultura.gov.br/>

Brasil. (2020). Agência Nacional do Petróleo. Boletim Abastecimento em Números nº 54. Recuperado em 27 de janeiro de 2020 de <http://www.anp.gov.br/publicacoes/boletins-anp/2394-boletim-abastecimento-em-numeros>

Canteli, A. M. D. (2013). Recuperação do Aroma de Café, Benzaldeído, em Coluna de Adsorção Utilizando Carvão Ativado. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Brasil.

Capellato, P., Ribeiro, L.M.S. & Sachs, D. (2019). Active Methodologies in the Teaching-Learning Process Using Seminars as Educational Tools in the General Chemistry Curricular Component Res., *Research, Society and Development*, 8(6), e50861090.

Cavalcante, A.A., Sales, G.L. & Silva, J.B. (2018). Digital technologies in Physics education: an experience report using the Kahoot as a tool of evaluation. *Research, Society and Development*, 7(11), e7711456.

Colombo, A. (2013). Biossorção dos Íons Cádmiio e Chumbo pela Casca de Soja. Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil.

Corseuil, H. X. (1992). *Enhanced Degradation of Monoaromatic Hydrocarbons in Sandy Aquifer Materials by Inoculation Using Biologically Active Carbon Reactors*. Ann Arbor, MI, EUA.

Costa, K.M.R., Lino, M.R.B., Miranda, C.E.S., Borges, J.W.P., Bandeira, H.M.M. & Lopes,

M.S.L. (2020). Didactics and multiprofessional health teaching: experience report. *Research, Society and Development*, 9(2), e45921984.

Coutinho, R. C. P. & Gomes, C. C. (2007). Técnicas para remediação de aquíferos contaminados por vazamentos de derivados de petróleo em postos de combustíveis. *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. São Paulo. SP, Brasil.

Cruz, D.M. & Gomes, A.C.F. (2019). Project Based Learning (PjBL) in engineering teaching: experience report on the discipline of Control Systems I at the Federal University of Mato Grosso. *Research, Society and Development*, 8(2), e3882732

Dube, S. P.; Ghadlinge, M. S.; Mungal, S. U.; Tamboli, S. B. & Kulkarni, M. B. (2014). Students Perception towards Problem Based Learning. *Journal of Dental and Medical Sciences*, 13 (5), 49-53.

Geankoplis, C. J. (2010). *Transport processes and separation process principles: (includes unit operations)*. 4th ed. New Jersey.

Goi, M.E.J. & Santos, F.M.T. (2020). Experimental laboratory and problem solving: building chemical knowledge. *Research, Society and Development*, 9(2), e90922076.

Hassan, S. L. (2014). The Problem-Based Learning Gaze: A Foucaultian Perspective. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, MCSER Publishing, Rome-Italy, 5 (10), 443-450.

Ho, Y. & Mckay, G. (1998). Sorption of dye from aqueous solution by peat. *Chemical Engineering Journal*, 70, 115–124.

Ho, Y. & Mckay, G. (1999), Pseudo-secondorder model for sorption process. *Process Biochemistry*, 34(5), 451-465.

Hung, W.; Jonassen, D. H. & Liu, R. (2008). Problem-Based Learning. In: SPECTOR et al. (eds.). *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 485-506), 3rd Edition, New York: Lawrence Erlbaum Associates.

Jorge, I. R.; Tavares, F. P. & Santos, K. G. (2015). Remoção do corante azul de metileno no tratamento de efluentes por adsorção em bagaço de cana de açúcar, p. 491-500. *Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados - ENEMP*, São Paulo: Blucher.

Lettenmeier, M.; Autio, S. & Jänis, R. (2014). Project-based learning on life-cycle management – A case study using material flow analysis. Lahti University of Applied Sciences, Lahti, Finland.

Lima, G.M. & Santos, K.G. (2019a). Desenvolvimento de um aplicativo móvel para projeto de separação sólido gás empregando ciclones. *Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados – ENEMP*, Belém, PA, Brasil.

Lima, G.M. & Santos, K.G. (2019b). O uso de um aplicativo móvel para celular no ensino do projeto de câmaras de separação gravitacional. *Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados – ENEMP*, Belém, PA, Brasil.

Lopes, S.F.S.F., Gouveia, L.M.B. & Reis, P.A.C. (2020). The MaCAIES method: a methodological proposal for the implementation of the flipped classroom in Higher Education. *Research, Society and Development*, 9(1), e1869111921.

Marins, V.; Haguenaer, C. & Cunha, G. (2008). Objetos de Aprendizagem e Realidade Virtual em Educação a Distância e seus Aspectos de Interatividade, Imersão e Simulação. *Revista Realidade Virtual*, 1(2), 16-30.

Mayer, V. F. (2012). *Aplicações do Método caso em Sala de Aula*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas.

Mccabe, W.L.; Smith, J. C. & Harriot, P. (2005). *Unit operations of chemical engineering*. 7th ed. Boston.

Melo, Y.A., Oliveira, B.C.R., Souza, M., Santos, J.H.P. & Santos, K.G. (2018), LEITOFLU: Aplicativo em linguagem VBA voltado para o cálculo de parâmetros de projeto de um leito fluidizado. *Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados- ENEMP*, Maringá, PR, Brasil.

Michaelsen, L. K. & Sweet, M. (2008). The Essential Elements of Team-Based Learning. *New Directions for Teaching and Learning*, 2008 (116), 7–27.

Monteiro, S.B.S.; Reis, A.C.B.; Silva, J.M. & Souza, J.C.F. (2017). A Project-based Learning curricular Approach in a Production Engineering Program. *Production*, 27, e20162261.

Moura, D. G. & Barbosa, E. F. (2011). *Trabalhando com projetos: planejamento e gestão de projetos educacionais*. Petrópolis: Vozes.

Moura, F.A. & Viana, P.O. (2019). The Modern Physics Teaching based on the Interstellar film: A didactic approach to meaningful learning. *Research, Society and Development*, 8(3), e1583823.

Nascimento, F.E.O. & Carvalho, E.T. (2020). MOODLE as a support tool for the on-site modality at the Bela Vista Campus: Perception of Chemistry Degree Teachers. *Research, Society and Development*, 9(1), e04911521.

Oliveira, R.R., Alves, E.A. & Alves, F.R.V. (2020a). Didactic engineering on the National Program for Access to Technical Education and Employment in Youth and Adult Education in the Prison System. *Research, Society and Development*, 9(1), e164911761.

Oliveira, R.R., Alves, E.A. & Alves, F.R.V. (2020b). First generation didactic engineering in Higher Education: generalization and extension of the Fibonacci sequence. *Research, Society and Development*, 9(1), e165911767.

Pecotche, C. B. G. (2011). *Logosofia: ciência e método*. São Paulo: Ed. Logosófica.

Praus, P. & Turicová, M. (2007). A physico-chemical study of the cationic surfactants adsorption on montmorillonite. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 18 (2), 378–383.

Reis, D.A. & Junior, N.V. (2019). Games as a science teaching strategy to address basic sanitation. *Research, Society and Development*, 8(12), e408121653.

Rocha, H. M. & Lemos, W. M. (2014). *Metodologias Ativas: do que Estamos Falando? Base*

Conceitual e Relato de Pesquisa em Andamento. *Anais do IX SIMPED – Simpósio Pedagógico e Pesquisas em Educação*.

Rudolph, J. (2014). Globalizing Science and Engineering Through On-Site Project-Based Learning. Teaching Asia through Field Trips and Experiential Learning, *Education About Asia*, 19 (1).

Santos, E. G.; Alsina, O. L. S, & Silva, L. H. (2003). Cinética de adsorção de poluentes orgânicos por bioadsorventes. *Anais do 2º Congresso Brasileiro de Petróleo e gás*. Rio de Janeiro.

Schimell, D. (2008). Adsorção dos Corantes Reativos Azul 5g e Azul Turquesa QG em Carvão Ativado Comercial. Dissertação de Mestrado, UEOP, Toledo.

Shitsuka, D. M., Pereira, A.S., Shitsuka, R. & Boghi, C. (2019). Active learning of programming in engineering classes: an action reseach study. *Research, Society and Development*, 8(3), e1783652.

Silberman, M. (1996). *Active learning: 101 strategies do teach any subject*. Massachusetts: Ed. Allyn and Bacon.

Silva, L.D. & Santos, K.G. (2018). ‘PROJETO CENTRÍFUGA’: Desenvolvimento de um aplicativo para resolução de problemas em Centrífugas Tubulares. *Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados- ENEMP*, Maringá, PR, Brasil.

Silva, N. C. R. (2014). Utilização da casca de banana como biossorvente para adsorção de chumbo (II) em solução aquosa. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Silva., L. N., Delgado, O.T., Diniz, F.O. & Mendoza, H.J.G. (2019). Problem solving as a methodology of learning by means of the board game with dice of Space Geometry based on the theory of Galperin. *Research, Society and Development*, 8(7), e5871095.

Sotiles, A. R. (2017). Estudo de diferentes tratamentos da caulinita para possível aplicação como adsorvente do corante têxtil C.I. Reactive Blue 203. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, Brasil.

Sousa, L.M.M.C., Anjos, M.B. & Lima, V. S. (2019). Teaching of science and practice in the laboratory: an experience with students from the first segment of basic education. *Research, Society and Development*, 8(4), e3284904.

Tolfo, C. (2020). Problem-based learning and process modeling in teaching information systems. *Research, Society and Development*, 9(2), e72922087.

Ursueguía, D., Díaz, E. & Ordóñez, S. (2020). Adsorption of methane and nitrogen on Basolite MOFs: Equilibrium and kinetic studies. *Microporous and Mesoporous Materials*, 298(15), p. 110048.

Veloso, B. & Silva, M.R.A. (2020). The conception of a virtual music course under the eyes of an instructional designer. *Research, Society and Development*, 9(1), e20911533.

Vieira, R.P.M., Barros, F.E., Souza, T.S.A. & Vasconcelos, A.K.P. (2019). Analysis of Didactic Engineering on the Fibonacci Generalized Sequence Complexification Model, an approach in an initial teacher training course. *Research, Society and Development*, 8(9), e33891302.

Wang, R., Wang, Q., Niu, Q., Pan, J., Wang, H. & Wang, Z. (2020). CO<sub>2</sub> adsorption and swelling of coal under constrained conditions and their stage-change relationship. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 76, 103205.

Watkins, J. & Mazur, E. (2010). Using JiTT with Peer Instruction. In: *Simkins, S.; Maier, M. (Eds.) Just in Time Teaching Across the Disciplines*, 39-62, Stylus Publishing, Sterling, VA.

Welter, R.B., Foletto, D.S. & Bortoluzzi, V.I. (2020). Active methodologies: a possibility for students multiliteracy. *Research, Society and Development*, 9(1), e106911664.

Zhang, W. L.; Dong, H.; Yan, H.; Li, Z.; Jiang, X.; Kan, H.; Yang, A. & Li, R.C. (2011). Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Straw Based Adsorbent in a Fixed-bed Column. *Chemical Engineering Journal*, 173, 429-433.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Natalia Pazin Almeida – 50%

Kássia Graciele dos Santos – 50%