

ESTUDO DA ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL REATIVO MR GG 80% UTILIZANDO QUITOSANA EM PÓ COMO ADSORVENTE.

Luis Henrique Rebouças Sampaio¹; Izabelly Larissa Lucena²; Zilvam Melo dos Santos³

1- Autor; 2- Orientadora; 3-Coorientador.

Resumo: Este trabalho tem como objetivo avaliar a eficácia da utilização da quitosana em pó na remoção do corante azul reativo MR GG 80% utilizando o método de adsorção. Para isso foi executado um planejamento experimental fatorial do tipo 2³. No estudo foram avaliados o pH, concentração de corante e a proporção de quitosana, verificando quais seriam as variáveis mais significativas no estudo. Foi possível verificar que apenas as variáveis concentração de corante e a proporção de quitosana tiveram significância dentro do espaço amostral estudado. A partir dos resultados obtidos no planejamento experimental e utilizando o software Statistica versão 10 foi possível obter uma equação linear com um nível de confiança de 95%, que pudesse prever experimentos que forem realizados dentro dos parâmetros realizados nesse estudo. Dentre os ensaios realizados o ensaio 3 foi aquele que obteve um melhor resultado obtendo-se um percentual de remoção de 97,61%.

Palavras-chave: Adsorção; Corante reativo; Quitosana; Planejamento experimental.

1. INTRODUÇÃO

Muito se tem discutido, acerca da falta d'água e da contaminação dos rios e mares causadas pelas indústrias. O impacto ambiental vem crescendo cada vez mais com passar dos anos, pois no processo de produção se cria uma quantidade de efluentes com grandes cargas de produtos químicos que prejudicam a vida marinha e por consequência a vida humana, uma das substâncias que se tem em maior concentração são os corantes que se são utilizados para o tingimento dos tecidos e fibras. [1]

Com isso se procura meios para que se possa reduzir a quantidade de corantes que é despejado nos efluentes. Alguns dos processos aplicados no tratamento desses efluentes são a adsorção, precipitação, degradação química, fotoquímica, biodegradação e outros.[2]

A adsorção de uma substância envolve seu acúmulo entre duas fases, como um líquido e um sólido ou como um gás e um sólido. A molécula adsorvida na interface é chamada de adsorvato, e o sólido com o qual ocorre a adsorção é chamado de adsorvente. Esse processo tem sido muito utilizado pelas indústrias, pois se obtém uma alta taxa de remoção com baixos custos.[3]

Um dos materiais que é bastante utilizado para o tratamento dos efluentes é o carvão ativado. No entanto, o carvão apresenta um alto custo. Assim, o estudo de novos materiais que apresente eficiência e baixo custo é bastante difundido atualmente. [3]

O adsorvente avaliado nesse estudo foi a quitosana em pó. A mesma é uma poliamida que possuem grupos aminas disponíveis para reação química, ela é obtida através da desacetilação alcalina da quitina que vem da obtenção através das cascas de camarões, carapaças de caranguejos, lagostas e siri.

Nesse estudo avaliou-se a eficiência da quitosana na forma de pó na remoção do corante reativo azul MR GG 80%. Para isto, avaliou-se a influência do pH, quantidade de quitosana e concentração do corante em solução através da execução de planejamento experimental do tipo fatorial.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. ADSORÇÃO

A adsorção de uma substância envolve seu acúmulo entre duas fases, como um líquido e um sólido ou como um gás e um sólido. A molécula adsorvida na interface é chamada de adsorvato, e o sólido com o qual ocorre a adsorção é chamado de adsorvente [4]. A adsorção pode ser física e/ou química. A adsorção física ou também chamadas de fisissorção, ocorre através de forças de Van der Waals, onde as moléculas do adsorvente interagem

por meio das interações dipolo-dipolo ou dipolo induzido com as moléculas de adsorvato, como nesse processo não possui reações químicas então é possível haver uma reversão do processo. Já a adsorção química ou também chamada de quimissorção ocasiona uma alteração molecular das substâncias envolvidas no processo, mas para que isso aconteça deve haver um reconhecimento entre as substâncias para que possam reagir, elas ocasionam a formação de outra substância na superfície, sendo assim a quimissorção é um processo irreversível. [5]

O uso do método de adsorção vem sendo amplamente utilizado pelas indústrias têxteis para o tratamento dos efluentes que possuem corantes em sua composição, o seu uso em larga escala no setor industrial deve-se ao fato de que o método combina altas taxas de remoção e um baixo custo de utilização. O carvão ativado é um dos componentes utilizados, pois tem uma alta capacidade de adsorção, porém, apresenta um alto custo para sua utilização em alta escala, com isso tem-se estudado novos adsorventes que tenham um melhor custo benefício.[3]

2.2. EFLUENTES

A poluição ambiental é um dos problemas mais preocupantes da atualidade e vem aumentando cada vez mais com o passar dos anos, um dos maiores contribuintes para esse problema é a indústria, pois além de emitir vários gases tóxicos na atmosfera, responsáveis pelo efeito estufa, também despejam os seus efluentes. De acordo com a Norma Brasileira–NBR 9800/1987 os efluentes industriais são todos e quaisquer tipos de despejos de líquidos oriundos de áreas de processamento industrial, abrangendo tanto os acarretados pelos processos de produção quanto as águas oriundas de lavagem das operações de limpeza e outras fontes que apresentarem poluição por produtos utilizados ou produzidos no meio industrial [6].

O despejo irregular dos efluentes causam grandes problemas as fontes hídricas. Relatórios divulgados pela ONG SOS Mata Atlântica mostra que os cursos de água do país têm perdido cada vez mais a sua capacidade de abastecer a população e manter a fauna [7].

Tendo em vista que as indústrias são uma das maiores causadoras de contaminação das fontes hídricas, a indústria têxtil se destaca significativamente, perdendo apenas para a agropecuária.

Analisando os processos existentes nas indústrias têxteis para a produção das peças, encontra-se duas etapas onde se tem uma maior contaminação dos recursos hídricos que são as etapas de tinturaria e acabamento das peças, constituindo uma produção de efluentes em torno de 50 a 100 litros por cada kg de tecido que é produzido [8]. Um dos pontos mais preocupantes que se tem é a contaminação que existe no processo de tintura, pois existem uma variedade gigantesca de produtos químicos que são utilizados. Dentre todos esses produtos a atenção maior é com relação aos corantes, que são capazes de levar ao esgotamento do oxigênio do efluente, ocasionando um desequilíbrio no ecossistema, alterando a atividade fotossintética, diminuindo a solubilidade de oxigênio e ocasionando efeitos tóxicos sobre a fauna e flora aquática. [9].

2.3. CORANTES

Os corantes vêm sendo utilizados pela humanidade desde os tempos dos homens das cavernas, onde se empregava para fazer inscrições rupestres, inicialmente se utilizavam corantes orgânicos obtidos através de várias fontes como plantas, animais e minerais, a datados egípcios onde se encontram vários tecidos coloridos em múmias. [10]

O uso dos corantes vem crescendo cada vez mais, principalmente depois do início da criação dos corantes sintéticos em 1956, enquanto um estudante tentava obter quinina uma substância que ajudava no tratamento da malária, mas para infelicidade os experimentos deram errados, no final enquanto limpava um sólido que tinha se formado no experimento percebeu que ele se dissolvia e resultava em uma coloração roxa e assim foi criado o primeiro corante sintético [11].

A indústria têxtil utiliza em torno de 2000 mil corantes sintéticos nas suas produções e dentre toda essa variedade, uma parte que é utilizada é despejada nos efluentes, causando sérios problemas ambientais. Existem várias classificações entre os corantes [12].

Corantes ácidos: São grupos aniônicos que possuem de 1 a 3 grupos sulfônicos fazendo que sejam solúveis em água, tendo uma grande importância na aplicação dos corantes em fibras proteicas.

Corantes azoicos: São compostos insolúveis em água e que devem ser sintetizados sobre a fibra durante o processo de tingimento, é necessário um agente de acoplamento.

Corantes branqueadores: São grupos que são utilizados para branquear alguns tecidos, eles possuem grupos carboxílicos azometino ($-N=CH-$) ou etilênicos ($-CH=CH-$) associados a sistemas benzênicos, naftalênicos, pirênicos e anéis aromáticos que possibilitam reflexão por fluorescência na região de 430 a 440 nm quando excitados por luz ultravioleta.

Corantes diretos: São grupos solúveis em água e são utilizados para tingir fibras de celulose como algodão e viscose.

Corantes dispersivos: São grupos insolúveis em água que são aplicados em fibras hidrofóbicas através de

suspensão.

Corantes de enxofre: São grupos que depois de aplicados se tornam altamente insolúvel em água por possuir macromoléculas com pontes de polissulfetos ($-Sn-$).

Corantes pré-metalizados: São tipos que se beneficiam das interações entre os metais e os eletros livres presentes nas fibras proteicas.

Corantes reativos: Eles contêm um grupo eletrofílico reativo que é capaz de fazer ligação covalente com os principais grupos de ligação com as fibras, são eles amino, hidroxila e tióis, existem vários tipos de corantes dessa classificação, porém os principais contêm as funções azo e antraquinona, uma característica é sua alta solubilidade em água e se tem uma maior estabilidade no tecido tingido [13].

2.4. TRATAMENTO DOS EFLUENTES

O estudo para o desenvolvimento de novas formas para se fazer um tratamento adequado e com um custo benefício melhor dos efluentes é um ponto bastante discutido nos dias atuais. Já existem alguns métodos para o tratamento dos efluentes, os principais métodos contidos na literatura são, o processo de adsorção, precipitação, degradação química, fotoquímica, biodegradação e outros [13].

O processo para o tratamento dos efluentes é dividido em alguns tipos de processos sendo eles físicos, químicos e biológicos dependendo da propriedade dos poluentes a serem retirados.

Processos físicos: São nomeados dessa maneira por conta dos fenômenos físicos que ocorrem na eliminação ou na modificação dos poluentes dos efluentes. Eles dependem das características físicas do contaminante tais como, viscosidade, peso específico tamanho de partícula entre outras. Tal como o gradeamento, sedimentação, filtração, etc. [1]

Processos químicos: São processos onde se utiliza determinados produtos químicos, tais como: agente de coagulação, floculação neutralização de pH, oxidação, redução e desinfecção em diferentes etapas dos sistemas de tratamento. Sendo indispensável para um melhor resultado. [1]

Processos biológicos: São processos que dependem da ação de microrganismos aeróbicos ou anaeróbicos. Onde se utilizam reações bioquímicas para a alimentação dos contaminantes solúveis. Sendo utilizadas em lodos ativados, lagoas aeradas, biodiscos (RBC), filtro percolador, valas de oxidação, reatores sequenciais descontínuos (SBR). [1]

2.5. QUITOSANA

A quitosana é uma poliamida que possuem grupos aminas disponíveis para reação química, ela é obtida através da desacetilação alcalina da quitina que vem da obtenção através das cascas de camarões, carapaças de caranguejos, lagostas e siri. É formado por unidades $\beta(1\rightarrow4)$ -2-amino-2-desoxi-D-glicopirranose e $\beta(1\rightarrow4)$ -2-acetamido-2-desoxi-D-glicopirranose [12] como mostrado na Figura 1, apresentando algumas características importantes como, hidrofilidade, biodegradabilidade, biocompatibilidade, propriedades antibactericidas e bioatividade[14].

Pela presença de um grupo amino em quase todas as unidades de anidrido glicosídico de quitosana provê uma grande capacitância de coagular substâncias coloidais, como materiais proteicos. Pode ser usado para eliminação do odor do cloro da água e como agente floculante para o tratamento de águas. [15]

A quitosana exibe uma grande afinidade com uma grande classe de corantes, dentre eles o ácido, azoicos, dispersivos, reativos e outros [16], por ter essas características ela pode ser usada para o tratamento dos efluentes das indústrias têxteis, removendo boa parte dos corantes e de substâncias que poderiam causar danos às fontes hídricas.

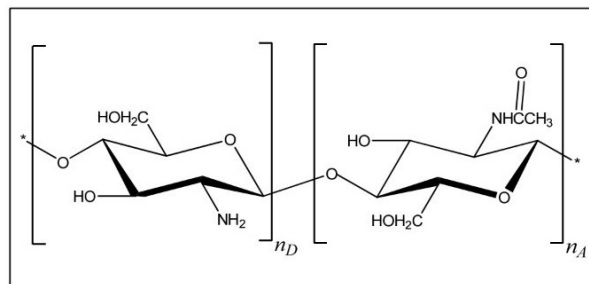


Figura 1. Estrutura química da quitosana. (Estudos de adsorção de tetraciclina em partículas de quitosana)

3.0. METODOLOGIA

3.1. DETERMINAÇÃO DO ESPECTRO DE ABSORBÂNCIA

O espectro de absorvância do corante azul reativo MR GG 80% para pH 4, pH 7 e para o pH 10 foi determinado no intervalo de comprimento de onda de 350 a 800nm. Os valores foram 615nm, 615nm e 599nm, respectivamente. Esses valores correspondem ao comprimento de onda máximo e consequentemente ao nível máximo de absorvância.

3.2. CURVA ANALÍTICA DO CORANTE AZUL REATIVO MR GG 80%

Para o desenvolvimento da curva de analítica padrão foram feitas algumas soluções com concentrações conhecidas, para isso foi preparada uma solução mãe de 50mgL⁻¹. A partir da solução mãe realizou-se várias diluições, com as seguintes concentrações 2 mgL⁻¹, 5 mgL⁻¹, 10 mgL⁻¹, 20 mgL⁻¹, 50 mgL⁻¹. Utilizando o espectrofotômetro UV – 340G/GEHAKA foram realizadas as leituras de absorvâncias, sendo assim determinadas as curvas analíticas. Esse procedimento foi realizado para soluções de corante nos pH's 4, 7 e 10. De posse desses dados foi possível obter curvas analíticas com ajustes lineares, as quais correlacionam a concentração de corante com a absorvância, obtendo-se coeficientes de correlação sempre próximo a unidade.

No pH 4 a curva de calibração apresentou um bom ajuste linear, apresentando dados satisfatórios, obtendo um coeficiente de determinação de $R^2 = 0,99995$, com isso pôde ser representada pela equação 1.

$$y = ax+b \text{ (1)}$$

Sendo “y” que representa a concentração do corante, o “a” representa o coeficiente angular, o “x” representa a absorvância e por fim o “b” representa o coeficiente linear, mas como a reta passa pela origem, então $b = 0$, assim pode-se reajustar a equação para a equação 2:

$$y = 46,32x \text{ (2)}$$

No pH 7 a curva analítica apresentou um bom ajuste linear, apresentando dados satisfatórios, obtendo um coeficiente de determinação de $R^2 = 0,99998$, utilizando a mesma ideia do pH 4 temos que, pode ser representada pela equação 3.

$$y = 43,86x \text{ (3)}$$

No pH 10 a curva analítica também apresentou um bom ajuste linear, apresentando dados satisfatórios, obtendo um coeficiente de determinação de $R^2 = 0,99987$, utilizando a mesma ideia do pH 4 temos que, pode ser representada pela equação 4.

$$y = 51,49x \text{ (4)}$$

3.3. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Na execução dos experimentos e com objetivo de avaliar as melhores condições de adsorção do corante azul reativo MR GG 80% utilizando quitosana em pó como adsorvente, foi realizado um planejamento experimental do tipo fatorial 2³. Assim formando uma matriz experimental, através dela pode-se organizar uma estratégia para execução dos ensaios experimentais, onde para dois níveis e 3 fatores consiste de 8 ensaios com a triplicada do ponto central para calcular o erro experimental. Posteriormente para a análise dos dados obtidos foi utilizado o SOFTWARE STATISTICA versão 10, com um nível de confiança a 95%. Na Tabela 1 apresenta-se os fatores estudados e seus respectivos valores.

Tabela 1. Fatores. (Autoria própria 2022.)

Níveis das variáveis	pH (X ₁)	Massa de quitosana (g/L) (X ₂)	Concentração de corante (mg/L) (X ₃)
-1	4	0,5	50
0	7	1,75	125
1	10	3	200

Na Tabela 2 é mostrado a matriz experimental a ser executada para avaliar a influência das variáveis escolhidas (pH, massa da quitosana e concentração de corante) no espaço amostral estudado.

Tabela 2. Matriz experimental. (Autoria própria 2022.)

Nº Ensaio	pH (X ₁)	Massa de quitosana (g/L) (X ₂)	Concentração de corante (mg/L) (X ₃)
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9PC	0	0	0
10PC	0	0	0
11PC	0	0	0

3.4. EXPERIMENTOS DE ADSORÇÃO

Os ensaios de adsorção conforme a matriz experimental apresentada acima foram conduzidos da seguinte forma: inicialmente foram preparadas soluções de HCl a 1 mol/L e NaOH também a 1 mol/L, tendo posse dessas duas soluções foram preparadas 3 bases para os experimentos com água destilada com pH de 4, 7 e 10 utilizado o pHmetroTec-3MP/TECNAL para fazer as respectivas medições dos pH.

Foram pesadas algumas massas de quitosana com um nível de desacetilação de 73,86%, que foi determinado que foi avaliado pela análise condutimétrica de acordo com a metodologia usada por Caroni 2009 [17]. e de corante reativo MR GG 80% utilizando os parâmetros descritos na tabela 2. Após os corantes serem diluídos, foram colocados em alguns Erlenmeyer alguns contendo a quitosana em pó que havia sido pesada, e outras sem a quitosana, eles foram colocados em uma incubadora SHAKER modelo SL 222/ SOLAB, em agitação durante 24h a uma temperatura de 37°C.

Após decorrido o tempo de adsorção as amostras foram retiradas da incubadora, centrifugadas e colocados em alguns tubos de ensaio para irem a uma centrifuga de modelo 80-2B/7lab durante 10 minutos em rotação de 4000 rpm, passado o tempo foram levados para análise da absorbância utilizado o espectrofotômetro UV – 340G/GEHAKA. Sendo possível através das curvas de analíticas converter absorbância em concentração. Para calcular o percentual de remoção após a adsorção do corante pela quitosana em pó aplicou-se a equação 5:

$$\text{Percentual de Remoção (\%)} = \frac{\text{concentração inicial de corante} - \text{concentração final de corante}}{\text{concentração inicial de corante}} \times 100 \quad (5)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a execução dos ensaios, foram obtidos os resultados experimentais para o planejamento fatorial 2^3 , assumindo como variável resposta a porcentagem de remoção equação 5 do corante azul reativo MR GG 80% utilizando quitosana como adsorvente, quando se variou a concentração do corante, a proporção de quitosana e o pH Tabela 3.

Tabela 3. Resultados. (Autoria própria 2022.)

Nº Ensaio	pH (X_1)	Massa de quitosana (g/L) (X_2)	Concentração de corante (mg/L) (X_3)	% Remoção
1	-1	-1	-1	95,66
2	1	-1	-1	76,74
3	-1	1	-1	97,61
4	1	1	-1	94,45
5	-1	-1	1	26,15
6	1	-1	1	40,88
7	-1	1	1	94,8
8	1	1	1	91,44
9PC	0	0	0	82,05
10PC	0	0	0	82,32
11PC	0	0	0	82,79

Analisando a Tabela 3 é possível observar que a maior porcentagem de remoção de corante ocorreu no ensaio 3 obtendo um percentual de 97,61% e que os pontos centrais obtiveram bons dados, assim podendo ser realizado uma melhor análise estatística. Observando os fatores que mais influenciaram na remoção do corante pôde se perceber que a proporção de quitosana em pó e a concentração do corante azul reativo MR GG 80% foram os fatores que tiveram uma maior significância. Na Figura 2 mostra os efeitos de cada variável estudada, esses efeitos foram calculados através do SOFTWARE STATISTICA versão 10, onde foi utilizado 3 tipos de interações entre as variáveis. Analisando esses efeitos na Figura 2, é possível comprovar que as variáveis proporção de quitosana, concentração de corante e a interação entre a proporção de quitosana e a concentração de corante, foram as que apresentaram um efeito significativo sobre a variável resposta para um intervalo de 95% de confiança.

Observa-se ainda que a proporção de quitosana tem um efeito positivo no processo, ou seja, o aumento da proporção de quitosana favorece a adsorção, efeito esperado, pois quanto maior a proporção maior será área superficial de quitosana, assim facilitando o processo. Já a concentração de corante tem um efeito inverso quanto menor for a concentração resultará em um melhor resultado pra o processo. Dentre as variáveis apresentadas a que teve uma maior significância foi a proporção de quitosana, pois apresentou o menor valor para o teste p. Efeito esperado, uma vez que quanto maior a proporção maior a área superficial para que possa haver o processo de adsorção. A seguir tem-se o digrama de Pareto Figura 2, que representa os efeitos das variáveis na forma gráfica, e as variáveis significativas para o intervalo de confiança de 95%.

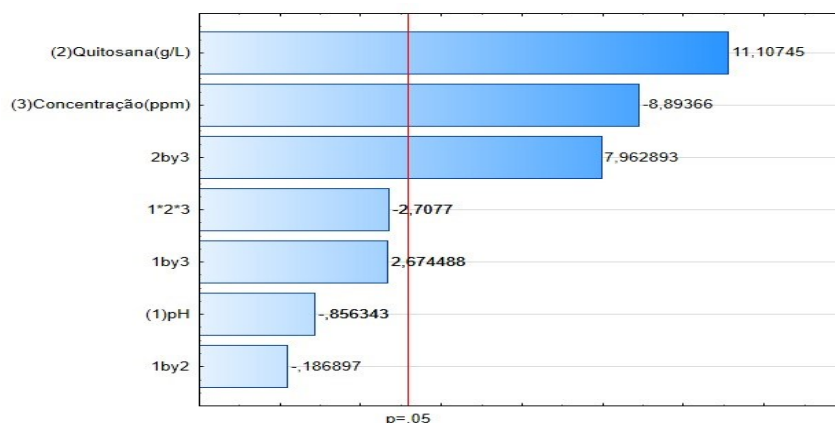


Figura 2. Diagrama de Pareto com o intervalo de confiança de 95%. (Autoria própria 2022.)

Utilizando a análise de regressão linear dos dados obtidos foi possível a elaboração de um modelo polinomial para a descrição da variável resposta (percentual de remoção). A equação 6 mostra o modelo de primeira ordem para as variáveis, considerando todos os coeficientes de regressão tomando 95% de confiança.

$$\text{Percentual de remoção (\%)} = -\left(\frac{1,3384}{\mp 1,5629}\right)X_1 + \left(\frac{17,3600}{\mp 1,5629}\right)X_2 - \left(\frac{13,9000}{\mp 1,5629}\right)X_3 + \left(\frac{0,2921}{\mp 0,15629}\right)X_1X_2 + \left(\frac{4,1800}{\mp 1,5629}\right)X_1X_3 + \left(\frac{12,4453}{\mp 1,5629}\right)X_2X_3 - \left(\frac{4,2319}{\mp 1,5629}\right)X_1X_2X_3 \quad (6)$$

A Tabela 4 apresenta a análise das variâncias (ANOVA) para o processo de adsorção do corante reativo MR GG 80% utilizando quitosana em pó com adsorvente, com coeficiente de regressão linear de 0,9894.

Tabela 4. ANOVA $R^2=0,9894$; $F_{\text{tabelado } 7;3;95\%}=8,89$. (Autoria própria 2022.)

Fonte de Variação	Soma Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F Calculado
Regressão	5493,789	7	784,827	40,162
Erro	58,625	3	19,542	
Total SS	5552,414	10		

Na Tabela 4 a partir da análise da variância, onde se verifica que o coeficiente de determinação (R) obtido pela regressão foi de 0,9894. Realizando o teste F, para analisar se o modelo é preditivo ou não, o F calculado deverá ser maior que F tabelado. O F tabelado para um grau de confiança de 95% estudado foi de 8,89. O valor do F calculado para esse estudo foi de 40,161. O modelo obteve um valor de F calculado 4,5 vezes maior do que o valor de F tabelado, assim indicando que o modelo é preditivo, podendo ser usado para prever o comportamento dentro da faixa de valores estudados.

Na Figura 3 é apresentado os valores observados experimentalmente e os preditos pelo modelo ajustado. Pela análise do mesmo podemos verificar que o modelo apresenta um bom ajuste, pois os pontos do gráfico estão próximos da reta representativa, assim confirmando a significância dos parâmetros do modelo pela análise da ANOVA Tabela 4.

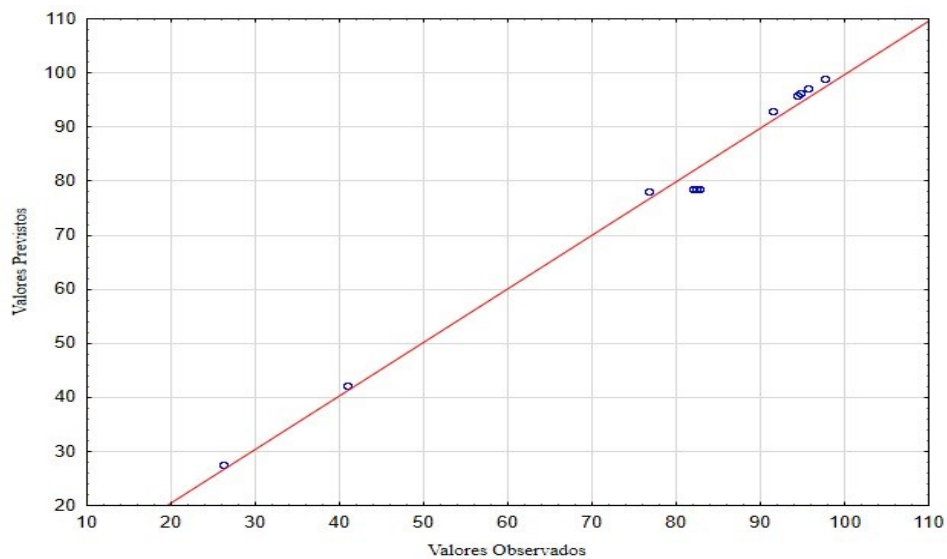


Figura 3. Diagrama Predito versus observado. (Autoria própria 2022)

A seguir verificamos as Figuras 4, 5 e 6 que representam as superfícies respostas para a variável percentual de remoção em função dos fatores estudados nesse trabalho.

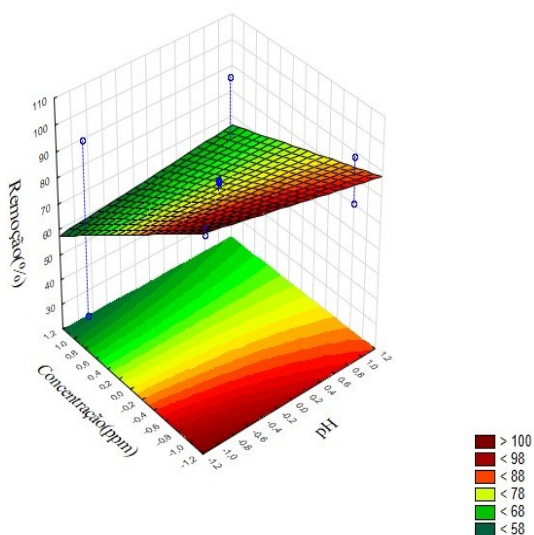


Figura 4: Percentual de remoção em função da concentração de corante o teor do pH. (Autoria própria 2022.)

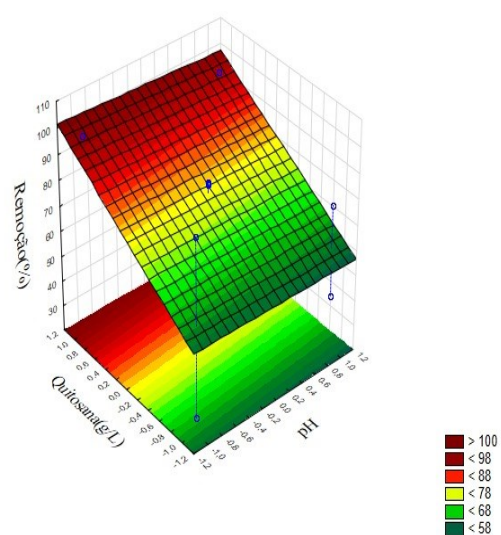


Figura 5: Percentual de remoção em função da proporção de quitosana e o teor do pH. (Autoria própria 2022.)

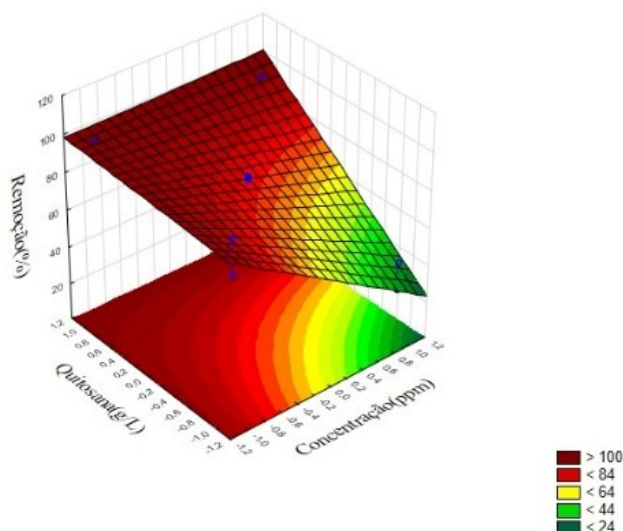


Figura 6: Percentual de remoção em função da proporção de quitosana e a concentração de corante. (Autoria própria 2022.)

Na Figura 4 pode-se observar a superfície de resposta da adsorção em função da concentração de corante azul reativo MR GG 80% e o pH. É possível analisar que quanto menor a concentração de corante melhor o processo de adsorção, já avaliando o nível do pH não teve muita significância, assim podendo ser trabalhado em meios variados.

Avaliando a figura 5, pode-se perceber que a variação do pH não afetou as análises, independentemente do pH obteve-se uma boa adsorção, já a proporção de quitosana foi relevante, quanto mais quitosana melhores os resultados para o percentual de remoção do corante.

Na Figura 6 pode-se observar que ao realizar os experimentos de adsorção na menor faixa de concentração de corante a proporção de quitosana utilizada não precisa necessariamente estar no seu nível de máximo.

5. CONCLUSÕES

Nesse trabalho foi realizado um planejamento experimental do tipo fatorial. Através desse planejamento foram analisando os fatores pH, proporção de quitosana e concentração do corante sob a variável resposta percentual de remoção do corante utilizando a quitosana em pó com adsorvente. Os resultados obtidos foram satisfatórios, chegando a um percentual de remoção de 97,61%. Dentre as variáveis estudadas a proporção de quitosana e concentração de corante foram as variáveis que se mostraram mais significantes no espaço amostral estudado. Onde foi possível verificar que a proporção de quitosana teve um efeito positivo, quanto maior a proporção melhor seria o processo de adsorção, já a concentração de corante teve um efeito inverso, quanto menor a concentração melhor seria o processo de adsorção. Para o estudo realizado foi possível obter um modelo estatístico linear que se mostrou preditivo para o intervalo de 95 % confiança.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SANTOS, S. Impacto Ambiental Causado Pela Indústria Têxtil. Florianópolis. Santa Catarina, 2011. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP1997_T6410.pdf. Acesso em: 9 novembro 2022.
- [2] MITTER, E.K. Corantes da Indústria Têxtil: Impactos e Soluções. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/biosferas/0020.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2022.
- [3] MAGDALENA, C.P. Adsorção de Corante Reativo Remazol Vermelho em Solução Aquosa Usando Zeólita de Cinzas de Carvão e Avaliação da Toxicidade Aguda com daphnia similis. Dissertação (Mestrado em Ciências na

Área de Tecnologia Nuclear - Materiais)- Altarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo. 151 f. 2010.

[4] SNOEYINK, V.L.; SUMMERS, R.S. Water Quality & Treatment. A Handbook of Community Water Supplies. American Water Works Association. Chapter 13 – Adsorption of organic compounds. Fifth Edition, 1999.

[5] Adsorção. Educa mais brasil, 5 novembro 2022. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/quimica/adsorcao>

[6] ASSOCIAÇÃO BRASEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, p. 2. 1987.

[7] Apenas 6,5% dos rios brasileiros têm boa qualidade da água, aponta estudo. Correio Braziliense, 5 novembro 2022. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/03/23/interna-brasil,744836/apenas-6-5-dos-rios-brasileiros-tem-bom-qualidade-da-agua.shtml>

[8] ARSLAN-ALATON, I.; GURSOY, B. H.; SCHMIDT, J. E. Advanced oxidation of acid and reactive dyes: Effect of Fenton treatment on aerobic, anoxic and anaerobic processes. Dyes and Pigments, v. 78, p. 117-130, 2008.

[9] LALNUNHLIMI, S.; KRISHNASWAMY, V. Decolorization of azo dyes (Direct Blue 151 and Direct Red 31) by moderately alkaliphilic bacterial consortium. Brazilian Journal of Microbiology, v. 47, p. 39-46, 2016.

[10] ZOLLINGER, H. Color chemistry, synthesis, properties and application of organic dyes and pigments. Weinheim, New York, p. 367, 1987.

[11] Corantes a química das cores. PROFESSOR PAULO CESAR, 5 novembro 2022. Disponível em: <https://www.profp.com.br/Corantes/Corantes.htm>.

[12] GUARATINI, C. C. I. e ZANONI, M. V. B. “Corantes Têxteis”, Química Nova 23, pp. 1-21. 2000.

[13] GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. Química Nova, v. 23, n. 01, p. 71-78, 2000.

[14] LONGHINOTTI, E.; FURLAN, L.; LARANJEIRA, M. C. M.; FÁVERE, V. T. Adsorção de azul de metileno e croconato amarelo pelo biopolímero quitina. Química Nova, v. 19, n. 3, p. 221-224, 1996.

[15] GACÉN, J.; GACÉN, I. Quitina y quitosano. Nuevos materiales textiles. Boletín Intexter, n. 110, p. 67-71, 1996.

[16] SMITH, B.; KOONCE, T.; HUDSON, S. Decolorizing dye wastewater using chitosan. American Dyestuff Reporter, v. 82, n. 10, p. 18-66, oct. 1993.

[17] CARONI A.L.P.F. Estudos de adsorção de tetraciclina em partículas de quitosana. 2009. 145p. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2009.