



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**

PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA VOLUNTÁRIA – PICVOL

Oxidação de corantes azos por catalisadores heterogêneos heme e não heme

Área do conhecimento: Química
Subárea do conhecimento: Química Inorgânica
Especialidade do conhecimento: Química Bio-Inorgânica

Relatório Final
Período da bolsa: 08/2017 a 07/2018

Este projeto é desenvolvido com bolsa de iniciação científica

PIBIC/COPES

Orientadora: Profa. Dra. Valéria Priscilla de Barros
Autor: Carlos André Barreto Santos

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introdução..... | 4 |
| 1.1 | Corantes..... | 4 |
| 1.2 | Corantes e poluição ambiental..... | 6 |
| 1.3 | Complexos ferro-cyclam..... | 7 |
| 2 | Objetivo..... | 8 |
| 3 | Metodologia..... | 9 |
| 3.1 | Reagentes, solventes e equipamentos utilizados..... | 9 |
| 3.2 | Estudo por espectroscopia UV-Vis das reações de oxidação do corante MB pelo sistema Cis[FeCl ₂ (cyclam)]Cl/H ₂ O ₂ | 9 |
| 3.3 | Inserção e suporte dos catalisadores Cis[Fe(Cyclam)]Cl e Jacobsen na montmorilonita - K10..... | 10 |
| 3.4 | Caracterizações dos materiais..... | 11 |
| 3.4.1 | Análises por Espectrometria de Emissão óptica por Plasma (ICP-OES) e Espectrometria de Absorção atômica por Chama (FAAS)..... | 11 |
| 4 | Resultados e Discussões..... | 11 |
| 4.1 | Caracterização por espectroscopia UV-Vis do corante MB..... | 11 |
| 4.2 | Oxidação do corante MB pelo sistema Cis[FeCl ₂ (cyclam)]Cl/H ₂ O ₂ e o efeito do pH..... | 14 |
| 5 | Conclusão | 16 |
| 6 | Perspectiva..... | 17 |
| 7 | Referências Bibliograficas | 17 |
| 8 | Outras atividades..... | 21 |

1 Introdução

1.1 Corantes

As cores sempre exerceram grande influência sobre a humanidade, pois desde os tempos primórdios os habitantes pintavam com fuligem e ocre as paredes das cavernas, produzindo obras que resistem há séculos [1].

Em 1856 Willian Henry Perkin, obteve o primeiro corante sintético, a mauveína, com esta descoberta iniciou-se a produção de novos corantes. Estima-se que 90% dos corantes produzidos atualmente são sintéticos [2-3]. Perkin ao fazer essa incrível descoberta contribuiu de forma significativa para as indústrias, na qual começaram a oferecer uma grande variedade de corantes, sendo estes mais econômicos em comparação com os corantes naturais [2-3].

Os corantes naturais são substâncias extraídas por processos físico-químico ou bioquímicos de matéria-prima animal ou vegetal. Substâncias estas que em alguns processos são solúveis no meio líquido. Estes corantes são classificados pelos seguintes grupos: corantes diretos, de tina, reativos, ácidos, básicos e corantes que necessitam de mordentes, essa classificação é determinada pelo tipo de interação química do corante com a material a ser tingido [4].

Dessa maneira, a utilização de corantes sintéticos cresceu nos últimos séculos devido a um mercado consumidor mais exigente e selecionador, com isso, é vasta a área de aplicação dos corantes sintéticos, tais como as indústrias têxteis, papel, couro, alimentos e cosméticos [5].

Desta forma, milhões de compostos químicos coloridos têm sido sintetizados nos últimos 100 anos, dos quais cerca de 10 mil são produzidos em escala industrial. Entretanto, estimam-se que 2 mil tipos de corantes estão disponíveis apenas para a indústria têxtil [6].

Sendo assim, as indústrias têxteis aumentaram ainda mais suas produções e o consumo de corantes sintéticos para suprir suas demandas. Entretanto, o papel da indústria têxtil é fundamental para economia brasileira, uma vez que, o Brasil ocupa a oitava posição no ranking de maiores fabricantes de tecidos do mundo, o consumo anual de fibras têxtil é de oito quilos por habitantes, estima-se que em 2020 esses números serão ainda maiores [7].

Por outro lado, os corantes podem ser classificação pela estrutura química, destacando o grupamento cromóforo (Figura 1), caracterizado pela ligação $-N=N-$, denominada de

ligação azo, ligados a sistemas aromáticos cuja classe pertence a maior parte dos corantes reativos [8]. Esses corantes contém um grupo eletrofílico capaz de formar ligação covalente com grupos hidroxila das fibras celulósicas e grupos amino das fibras proteicas.

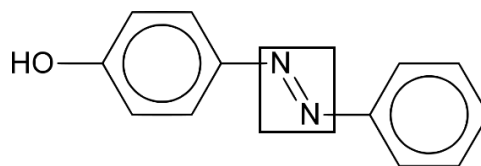


Figura 1 – Estrutura química do corante 4-hidroxifenilazobenzeno, em destaque o grupo cromóforo.

Entretanto, existem vários tipos de corantes reativos, porém os principais contêm a função azo e antraquinona como grupos cromóforos. Este grupo de corantes apresenta uma alta solubilidade em água e o estabelecimento de uma ligação covalente entre o corante e a fibra, cuja ligação confere maior estabilidade na cor do tecido [8,9].

Os corantes não são apenas constituídos pelos cromóforos, como também existe em sua estrutura grupos auxocromos e antiauxocromos. O grupo auxocromo é um grupo de átomos ou radicais livres com carga positiva que tem a propriedade de intensificar a ação de um grupo cromóforo dentro da mesma molécula de uma substância. Já os grupos antiauxocromos são grupos receptores de elétrons [10].

1.2 Corantes e poluição ambiental

Os corantes azo são vastamente utilizados nas indústrias, já que os seus grupos funcionais atende a finalidade desejada para o tingimento. Uma vez que, as indústrias têxteis, utiliza grandes quantidades de água em seus processos, gerando quantidade de águas residuais. Essas águas contêm altas cargas de sais dissolvidos, surfactantes, sólidos suspensos e matéria orgânica [11-12].

Sendo assim, o descarte dos resíduos têxtil sem tratamento ambiental em efluentes e ambientes aquáticos levam ao esgotamento de oxigênio, causando o desequilíbrio do ecossistema. Na qual, a presença de resíduos derivados de corantes nos rios, lagos e efluentes,

impede a penetração da luz solar, modificando a atividade fotossintética do meio, a qualidade da água e por fim, resultando em efeitos tóxicos sobre a fauna e a flora do ambiente [12].

O Brasil possui um grande setor têxtil, representando uma grande parte da economia do país, porém a fiscalização dos órgãos governamentais não é rigorosa. Segundo dados de órgãos ambientais não-governamentais, estima-se que 70% de toda a carga orgânica encontrada no meio ambiente é depositada através de indústrias têxteis [12].

Dessa maneira, as indústrias do ramo têxtil, tem procurado inovar em suas produções e manter seus produtos nos padrões ecológicos, para diminuir o impacto ambiental. Em processos mais avançados algumas empresas tem a preocupação de implantar um sistema de gestão ambiental [12].

Contudo, existe vários processos para descontaminação de lagos e rios, causados por indústrias têxteis, que consiste em: coagulação, adsorção, precipitação, oxidação química e dentre outros. Esses processos de remoção em sua maioria são eficazes, de baixo custo e que apresenta resultados promissores [13]

1.3 Complexos ferro-cyclam

Compostos de coordenação são de grande importância em diversas áreas, como a da Química, que tem um papel importante na área de oxidação de corantes, desde a utilização para remoção de metais tóxicos, aplicações em catálise homogênea e heterogênea. Pois estes complexos que possuem o íon metálico coordenado a ligantes que apresentam átomos de nitrogênio como espécies doadoras de elétrons, são adequados para a utilização em processos de remoção de corantes, que podem ser encontrados em metaloproteínas, como também em metalofármacos [14].

Os complexos de metais de transição constituídos de ligantes macrocíclicos se destacam por apresentarem um sistema cineticamente inerte, estáveis do ponto de vista termodinâmico por demonstrarem alta seletividade, na qual estão sendo bastante estudados e utilizados nas áreas de pesquisas inorgânicas [14].

O 1, 4, 8, 11 - tetraazamacrocíclico (Figura 2) foi sintetizado pela primeira vez em 1937 por Van Alphen e teve seu primeiro complexo sintetizado a 50 anos. A partir daí outros complexos envolvendo essa molécula e vários centros metálicos foram produzidos em larga

escala, para serem utilizados em vários estudos, sobretudo nas aéreas de degradação de efluentes causado por corantes [14].

O ligante cyclam é composto por um anel macrocíclico contendo quatro átomos de nitrogênio doadores, formando um anel de 14 membros. É classificado como um ligante quelante, dessa forma, confere uma grande estabilidade ao centro metálico. Um ponto importante que pode ser destacado deste composto é que, frente a sistemas macrocíclicos porfirínicos, ele tem a possibilidade de apresentar complexos com isomeria *cis* e *trans* [14-16].

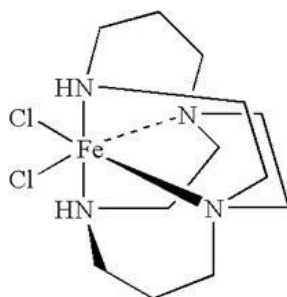


Figura 2 – Estrutura química do complexo macrocíclico Cis[FeCl₂(cyclam)]Cl.

Devido a essa ampla característica, é permitido uma grande possibilidade de aplicações do cyclam, tais como a remoção de metais de efluentes e a aplicações em catálise [16].

2 Objetivo

Este trabalho teve como objetivo a utilização do complexo FerroCyclam como catalisador na oxidação do corante Azul de Metileno.

3. Metodologia

3.1 Reagentes, solventes e equipamentos utilizados

- Azul de Metileno (MB)
- Peróxido de hidrogênio, 34% de pureza – Dinâmica
- Cis[FeCl₂(cyclam)]Cl, este compostos foi sintetizado pelo Prof. Dr. Fábio Gorzoni Doro da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM).
- Ácido Clorídrico 37% P.A. ACS – (Qhemis Científica)
- Hidróxido de Sódio P.A.ACS – (Labimpex)
- Agitador magnético Gostirrer MS-S

- Balança analítica – OHAUS, Modelo: PA214CP
- Medidor de pH de bancada KASVI, modelo K39-2014B
- Espectrofotômetro UV-Vis UV1800 - Shimadzu

3.2 Estudo por espectroscopia UV-Vis das reações de oxidação do corante MB pelo sistema Cis[FeCl₂(cyclam)]Cl/H₂O₂

A relação molar catalisador:substrato:oxidante para o estudo da oxidação do corante MB pelo sistema Cis[FeCl₂(cyclam)]Cl/H₂O₂ foi 1:5:2500, utilizando 1,0 x 10⁻⁷ mol do catalisador em 4,0 mL de reação. Todas as reações foram realizadas a temperatura ambiente, sob agitação magnética, em frascos de 5,0 mL com tampa. O tempo total de reação foi de 24 horas, em intervalos de 1, 2, 3 e 4 horas, retirava-se alíquotas da reação e analisava no espectrofotômetro UV-Vis. Também foram realizados estudos da reação de oxidação do corante MB pelo sistema Cis[FeCl₂(cyclam)]Cl/H₂O₂ em diversos valores de pH 2,4; 4; 6; 8; 10 e 12.

Os espectros UV-Vis foram obtidos entre os comprimentos de onda de 200 a 800 nm, em um Espectrofotômetro UV-Vis UV1800 - Shimadzu, este equipamento emite feixes de luz em comprimento específicos e a partir daí é possível determinar as transições eletrônicas apresentadas pelas substâncias. Utilizou-se cubetas de quartzo de 1,0 cm. A oxidação do corante foi observada pelas mudanças na absorção em comprimento de onda (λ) de 664 nm.

3.3 Inserção e suporte dos catalisadores Cis[Fe(Cyclam)Cl]Cl e Jacobsen na montmorilonita – K10

A argila montmorilonita K10 foi tratada previamente com uma solução NaCl para que através da troca iônica fosse possível obter a forma sódica da argila [16].

Em um balão de uma boca, colocou-se 2,0 g de montmorilonita K10 e 50 mL de uma solução 5,0 mol L⁻¹ de NaCl. A mistura permaneceu sob agitação magnética por 6 h. A seguir o sólido foi filtrado em funil de Buchner e lavado várias vezes com água deionizada para retirar o excesso de sal, até teste negativo com nitrato de prata (para detectar a presença de íons cloreto). O sólido foi seco em estufa por 24 h a 80 °C.

Em seguida 40 mg do catalisador $\text{Cis}[\text{Fe}(\text{Cyclam})\text{Cl}]\text{Cl}$ foi adicionado a 1,0 g da argila sódica em 100 mL de água destilada, sob agitação magnética, a temperatura ambiente por 15 h, após o termino da reação, a solução ficou em repouso por 8h. O sólido foi filtrado em funil de Buchner, lavado com água, metanol e acetonitrila. O sólido foi seco em estufa a 120°C por 24 h.

Para o catalisador de Jacobsen foi utilizado 4,5 mg do catalisador e adicionado 1,79 g da argila sódica em 50 mL de água, sob agitação magnética por 24 h, a temperatura ambiente. O sólido foi seco em estufa a 80°C por 24 h.

O catalisador foi caracterizado por espectroscopia UV-Vis, análise termogravimétrica, análise térmica diferencial, calorimetria exploratória diferencial e difração de raio-X.

3.4 Caracterizações dos materiais

3.4.1 Análises por Espectrometria de Emissão óptica por Plasma (ICP-OES) e Espectrometria de Absorção atômica por Chama (FAAS)

As amostras sólidas foram pesadas e as vidrarias foram previamente lavadas com HNO_3 5%. Foi utilizado 5 mL de HNO_3 concentrado e aquecido sob manta aquecedora até toda a evaporação do líquido. Após resfriados os resíduos sólidos, foi adicionado 5 mL de HNO_3 concentrado e foi transferido para um balão volumétrico de 25 mL, completando o volume com água ultrapura até a completa homogeneização.

As análises por ICP-OES foram realizadas no equipamento Varion 720-ES. Para a calibração foram utilizados padrões certificados de Mn (0,4 mg L^{-1}) e Fe (0,4 e 40 mg L^{-1}) utilizando HNO_3 3% (v/v) como branco. A vazão do gás argônio foi de 70-80 psi, vazão do gás plasma e auxiliar de 15,0 e 1,5 L min^{-1} , respectivamente e o potencial de 1,2 Kw.

Já as amostras na FAAS foram analisadas utilizando o equipamento Agilent Technologies 200 Series AA e modelo 240FS AA. Para a calibração foram utilizados padrões dos metais Mn (0,6 mg L^{-1}) e Fe (0,6 e 30 mg L^{-1}) utilizando HNO_3 3% como branco. Foram utilizados os gases acetileno e ar comprimido para chama com vazões de 10 e 50 psi, respectivamente e fluxo de 13,50 e 2,00 L min^{-1} . As análises foram feitas no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe -ITPS.

4 Resultados e Discussões

4.1 Caracterização por espectroscopia UV-Vis do corante MB

O corante MB foi caracterizado por espectroscopia UV-Vis, uma técnica que pode ser aplicada a sistemas conjugados, em que a absorção molecular na região ultravioleta e visível é dependente da estrutura eletrônica molecular [17]. Na Figura 3 está apresentado o espectro UV-Vis do corante MB obtido no intervalo de comprimento de onda de 200 a 800 nm.

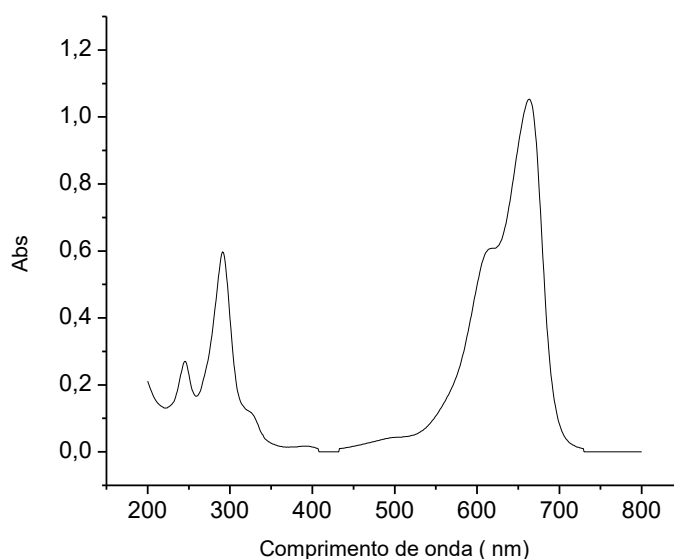


Figura 3 – Espectro UV-Vis de uma solução $3,0 \times 10^{-4} \text{ g L}^{-1}$ do corante MB em H_2O .

O corante apresentou 4 bandas características, que são condizentes com resultados encontrados na literatura [17-18].

Em seguida foi realizada a curva de calibração do corante MB. Foram utilizadas soluções padrão do corante MB e para diluição novas soluções foram preparadas na faixa de concentração de $3,2 \times 10^{-3}$ a $2,5 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$. Para a construção da curva analítica foi lançando na abscissa a concentração do corante MB e na ordenada a absorbância em cada concentração obtida, como mostra a Figura 4.

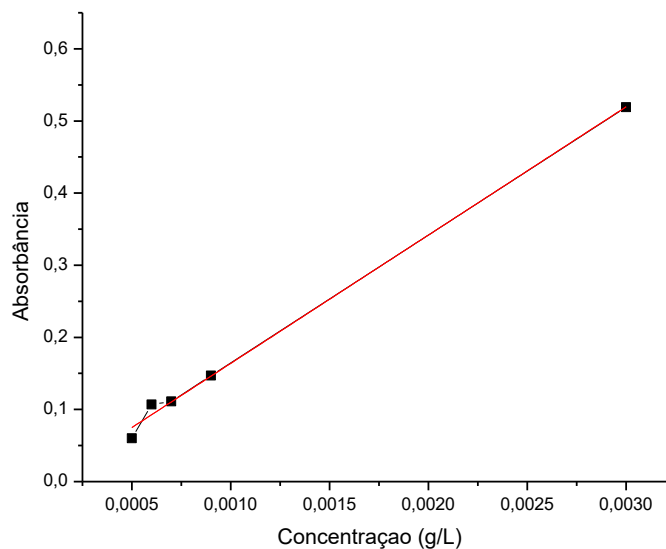


Figura 4 - Curva analítica obtida para o corante MB em comprimento de onda (λ) de 664 nm.

A relação matemática entre a área e a concentração da espécie de interesse, pode ser expressa como uma equação da reta: $y = ax + b$

Em que:

y = área do pico

x = concentração da espécie

a = inclinação da curva de calibração = sensibilidade

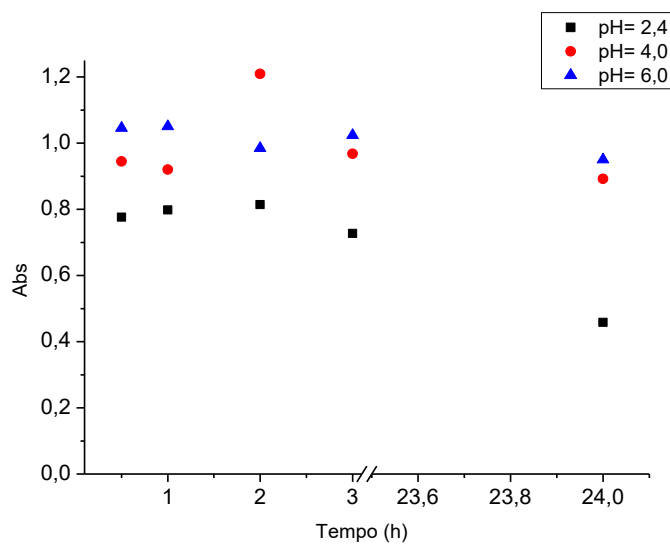
b = interseção com o eixo y , quando $x = 0$.

Matematicamente, os coeficientes angular (a), linear (b) e de correlação (r) podem ser estimados utilizando o método estatístico conhecido como regressão linear. O coeficiente de correlação permite uma estimativa da qualidade da curva obtida, pois quanto mais próximo de 1,0 menor a dispersão do conjunto de pontos experimentais e menor a incerteza dos coeficientes (a) e (b). Na análise da regressão linear da curva de calibração apresentada na Figura 4, o coeficiente de correlação possui valor próximo a 0,996, confirmando a linearidade do método, tendo um comportamento descrito dessa forma: $y = 177,93 x - 0,00140$ e $R = 0,9959$ [19].

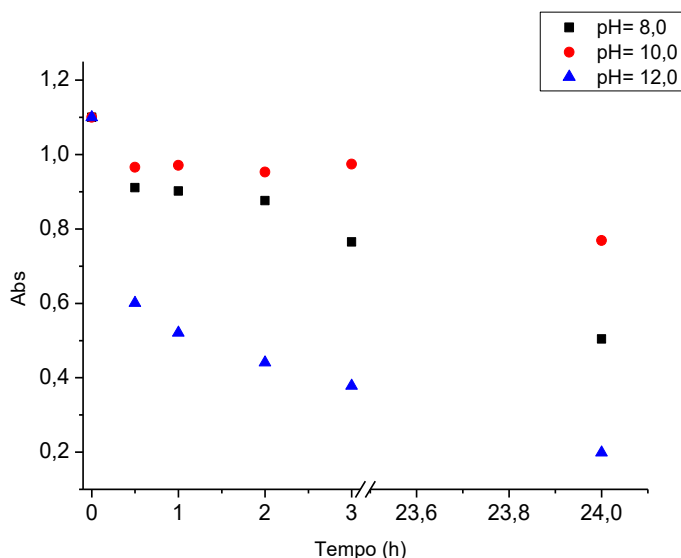
4.2 Oxidação do corante MB pelo sistema $\text{Cis}[\text{FeCl}_2(\text{cyclam})]\text{Cl}/\text{H}_2\text{O}_2$ e o efeito do pH

Após estudar alguns parâmetros para a oxidação do corante MB (relação molar), o pH da solução também foi estudado, com o objetivo de avaliar a sua influência sobre a oxidação do corante.

Para avaliar a influência do pH foram preparadas reação de oxidação na condição estabelecida como padrão e foi ajustado o pH do solvente utilizado valores de 2,4; 4; 6; 8; 10 e 12 com HCl e NaOH. Na Figura 5a e 5b são apresentados os resultados obtidos para a oxidação do corante MB utilizando soluções com diferentes valores de pH.



(a)



(b)

Figura 5 – Curva de oxidação do corante MB pelo sistema Cis[FeCl₂(cyclam)]Cl/H₂O₂ em diversos valores de pH: (a) 2,4; 4 e 6; (b) 8, 10 e 12.

A oxidação do corante MB em pH 2,4 como mostrado a Figura 5a demonstrou resultados satisfatórios, pois com 30 minutos de reação oxidou 29,65%, e com 24 horas 58,47%. Segundo a literatura em valores de pH ácido o efeito dos capturadores de radicais, especialmente íons de bicarbonatos (HCO₃⁻) e carbonatos (CO₃²⁻) são anulados [20]. Desse modo, a estabilidade do peróxido de hidrogênio tende a alterar conforme a variação do pH e da temperatura, uma vez que, com o aumento do pH é favorecido a sua decomposição [21-22].

Além do mais, foi observado uma diminuição nos valores de absorvância do corante MB, que no tempo 0 (zero) apresentava uma absorvância de 1,103 nm e com 30 minutos de reação apresentou 0,776 nm de absorvância. Diante disso, segundo a literatura esse decaimento na coloração e na absorvância, pode ser atribuído a quebra da ligação azo (-N=N-) existente no corante [23].

Já a oxidação do corante MB em pH 12 apresentou resultados relevantes, como mostra na Figura 5b, que no tempo 0 (zero) apresentava uma absorvância de 1,051 nm, após 30 minutos de reação a absorvância reduziu para 0,601 nm, na qual apresentou uma porcentagem de oxidação de 42,81% nos primeiros 30 minutos de reação, essa redução na absorvância

ocorreu durante toda a reação e com 24 horas a absorvância era de 0,199 nm, com 81,06% de oxidação.

Na maioria dos casos a eficiência de um processo oxidativo está relacionado com a geração de radicais hidroxila, por serem bastante reativos e favorecerem a rápida oxidação de efluentes contaminados. Entretanto, o peróxido de hidrogênio em meio fortemente básico ele se torna bastante instável, o qual é fortemente dependente do pH do meio [24-25].

Contudo, observou que tanto em meio ácido quanto em meio básico ocorreu uma redução nos valores de absorvância como foi apresentado na Figura 5a e 5b. De acordo com a literatura pode-se prever que o centro cromóforo por possuir elevada densidade eletrônica nas ligações azo ($-N=N-$), essas ligações são facilmente atacadas por espécies eletrofílicas fortes presentes na fase aquosa [26].

5 Conclusões

No estudo da oxidação do corante azul de metileno utilizando o FerroCyclam como catalisador e peróxido de hidrogênio como oxidante, observou-se que o sistema apresentou eficiência em valores de pH 2,4 e 12, com oxidação de 58,47% e 81,06% respectivamente.

Na qual observou-se uma melhor oxidação em pH= 2,4 e 12, esses que apresentaram maior redução das suas absorvâncias, pois de acordo com a literatura, o peróxido de hidrogênio é um oxidante versátil e forte dependente do pH.

6 Perspectivas

Como perspectivas deste trabalho, um aspecto importante consiste na identificação dos possíveis produtos da oxidação do corante azul de metileno por técnicas como HPLC, GC-MS.

7 Referências Bibliográficas

[1] LIMA, A.; PEREIRA, M.; PINTO, L. Corantes Sintéticos – A química das cores. Artigo Científico, Rio de Janeiro, p. 1-9. Maio, 2006.

- [2] ONE, G. M. C., ALBUQUERQUE, H. N., Simpósio Paraibano de saúde e meio ambiente a serviço da vida. Impressos Adilson. João Pessoa, p. 217, 2012.
- [3] YAGUB, M. T., SEM, T. K., AFROZE, S., ANG, H. M., Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. **Advances in Colloid and Interface Science**, v.209, p.172-84, 2014.
- [4] ARAÚJO, M. E. M.; Corantes naturais para têxteis – da antiguidade aos tempos modernos. **Conservar Patrimônio**, Portugal, n.3-4, p. 39-51. 2006.
- [5] OLIVEIRA, A. R. M., SZEZERBOWSKI, D., Química: 470 anos de história, controvérsias e desenvolvimento. **Química Nova**, Curitiba, v. 32, n.7, p. 1971-1972, Agos. 2009.
- [6] GUARATINI, C.C.I., ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. **Química Nova**, v. 23 n.1, p. 71-78, 2000.
- [7] GIANNINI, M.J.; FURLAN, M.; SILVA, Erivaldo Antônio; SOUZA, Rogéria Aragão. Corantes: Caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento. São Paulo: Cultura Acadêmica, p. 347, 2016.
- [8] CERVANTES, T. N. M.; ZAIA, D. A.M.; SANTANA, H. Estudo da Fotocatálise heterogênea sobre Ti/TiO₂ na descoloração de corantes sintéticos. **Química Nova**, v. 32, n. 9, p. 2423-2428, out. 2009.
- [9] CHÁVEZ, M. L.; SOTO, M.E.; MOLEÓN, M. C. J.; PULIDO, D. G.; REYES, S. G. R. Reducción de color cloruro de magnésio em soluciones com colorantes comerciales. **Ciencia Ergo-sum**, v.24, p. 253-258, 2017.
- [10] KUNZ, A.; ZAMORA, P.P.; MORAES, S.G. Novas tendências no tratamento de efluentes têxtis. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

- [11] ALMEIDA, É.; DILARRI, G.; CORSO, C. A indústria têxtil no Brasil: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes. **Artigo Científico**, Rio Claro – SP, p. 1-18. Jul. 2014
- [12] SALGADO, B. C. B.; NOGUEIRA, M. I. C.; RODRIGUES, K. A.; SAMPAIO, G. M. M. S. Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e foto-assistidos (UV e UV/H₂O₂), **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 1-8, 2009.
- [13] CRINI, G. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: a review. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 1061–1085, 2006.
- [14] MAIA, D. O. **Desenvolvimento de um novo complexo macrocíclico do sistema cobalto cyclam**. 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2011.
- [15] PONTES, D. L. **Estudo de complexos de Ferro-Cyclam com ligantes Carboxilados e Polinitrilados**. 2008. 163 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- [16] Barros, et al. Ironporphyrin immobilized onto montmorillonite as a biomimetic model for azo dye oxidation. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.61, p. 337–344, 2008.
- [17] Maleki, A.; Nematollahi, D. An efficient electrochemical method for the synthesis of methylene blue. **Electrochemistry Communications**, v.11, p.2261-4, 2009.
- [18] J. CENENS R. A. SCHOONHEYDT. Visible spectroscopy of methylene blue on hectorite, laponite B, and barasym in aqueous suspension. **Clays and Clay Minerals**, v.36, n.3, p.214-224, 1988.

- [19] RIBANI, et al. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Química Nova**, v.27, n.5, p.771-780, 2004
- [20] BRITO, N. N., SILVA V. B. M. Processo oxidativo avançado e sua aplicação Ambiental. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia – GO, v.1, n.3, p. 36-47, jul. 2012.
- [21] ALVES, P. A. **Tratamento eletroquímico e eletroquímico foto-assistido na degradação de efluentes da indústria têxtil**. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- [22] PERES, C. S.; ABRAHÃO, A. J. Características e sistemas de tratamento de águas residuais das indústrias têxteis. **Revista Química Têxtil**, São Paulo, v.21, p. 22–39 1998.
- [23] RIBEIRO, F. W. P.; OLIVEIRA, S. N.; LIMA-NETO, P.; CORREIA, A. N.; MASCARO, L. H.; MATOS, R.; SOUZA, E. C. P.; LANZA, M. R. V. Eletrodegradação de ponceau 2R utilizando ânodos dimensionalmente estáveis e Ti/Pt. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 85-90, mar. 2013.
- [24] ESPLUGAS, S.; CONTRERAS, S.; PASCUAL, E.; RODRIGUEZ, M. **Comparison of different advanced oxidation processes for phenol degradation**. *Water Research*, v. 36, p. 1034-1042, 2002.
- [25] CHAN, C. Y.; TAO, S.; DAWSON, R.; WONG, P. K. **Treatment of atrazine by integrating photocatalytic and biological processes**. *Environmental Pollution*, v. 131, p. 45–54, 2004.
- [26] SANTOS, P. K., FERNANDES, K. C., FARIA, L. A. Descoloração e Degradação do Azo Corante Vermelho GRLX-220 por Ozonização. **Química Nova**, Minas Gerais, v. 34, n.8, p.1315-1322, jun. 2011.

8 Outras atividades

No período de agosto de 2017 a julho de 2018 foram realizadas as seguintes atividades:

- Participação em eventos: IV SEMAC, IX Enesquim, I, II e III Seminário de Pesquisa sobre Docência em Química (SEPEDOQUI) e Fórum da Coordenação do Curso de Química Licenciatura.
- Minicursos: Gerenciamento de referências bibliográficas para trabalhos de pesquisa; e Redação Científica e Plágio Acadêmico.
- Minicurso: Gerenciamento de referências bibliográficas com o Zotero.