

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA (MODALIDADE: INTEGRADO)**

**KARIN SEVEGNANI
MILENA BOHN BIDO
RAFAEL MARQUARDT
TALITA SUELI STRUTZ
SOPHIA CARDOSO**

**REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS UTILIZANDO COMO MATERIAL
ADSORVENTE A BIOMASSA PIROLISADA PROVENIENTE DA PALMEIRA REAL
(*ARCHONTOPHOENIX ALEXANDRAE*)**

JARAGUÁ DO SUL - SC - DEZEMBRO 2014

**KARIN SEVEGNANI
MILENA BOHN BIDO
RAFAEL MARQUARDT
TALITA SUELI STRUTZ
SOPHIA CARDOSO**

**REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS UTILIZANDO COMO MATERIAL
ADSORVENTE A BIOMASSA PIROLISADA PROVENIENTE DA PALMEIRA REAL
(*ARCHONTOPHOENIX ALEXANDRAE*)**

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando Saberes” do Curso Técnico em Química (Modalidade: Integrado) do Instituto Federal Santa Catarina - Câmpus Jaraguá do Sul.

Orientador: Clodoaldo Machado

Coodernador: Clodoaldo Machado

JARAGUÁ DO SUL - SC - DEZEMBRO 2014

SUMÁRIO

Tema.....	4
Delimitação do tema.....	4
Problema.....	4
Hipóteses.....	4
Objetivo Geral.....	5
Objetivos Específicos.....	5
Justificativa.....	5
Fundamentação Teórica.....	7
8.1 Biomassa.....	7
8.2 Palmeira real.....	7
8.3 Absorção e Adsorção.....	8
8.4 Pirólise.....	9
8.5 Carvão ativado.....	10
8.6 Efluentes têxteis.....	10
8.6.1 Métodos Físicos.....	11
8.6.2 Métodos Físico-Químicos.....	11
8.6.3 Métodos Biológicos.....	12
8.7 Corantes.....	12
Metodologia.....	13
9.1 Materiais.....	13
9.2 Métodos.....	13
9.3 Tratamento dos rejeitos.....	14
Cronograma.....	15

1. Tema

Remoção de corantes têxteis utilizando como material adsorvente a biomassa pirolisada proveniente da Palmeira Real (*Archontophoenix alexandrae*).

2. Delimitação do tema

Adsorção do corante azul de metileno utilizando como material adsorvente a bainha foliar pirolisada em mufla proveniente da Palmeira Real (*Archontophoenix alexandrae*).

3. Problema

A bainha foliar da *Archontophoenix alexandrae* apresenta *in natura* propriedades que possibilitam a sua utilização como adsorvente. Qual seria a capacidade adsorvente deste material após sofrer o processo de pirólise em mufla?

4. Hipóteses

- A pirólise da bainha foliar da palmeira real pode ser realizada em condições controladas em uma mufla.
- O material pirolisado da bainha foliar da palmeira real apresentará maior capacidade adsorvente do que o material *in natura*.
- A pirolise é viável economicamente na produção de materiais adsorventes.

5. **Objetivo Geral**

Investigar a capacidade adsorvente do produto obtido pela pirólise em mufla da bainha foliar da Palmeira Real (*Archontophoenix alexandrae*).

6. **Objetivos Específicos**

- Estabelecer o método a ser utilizado para a pirólise em mufla da bainha foliar da Palmeira Real;
- Determinar a capacidade de adsorção do material pirolisado frente ao adsorbato (azul de metileno);
- Comparar e analisar a capacidade de adsorção do material pirolisado proveniente da bainha foliar da Palmeira Real frente aqueles obtidos com o produto *in natura*;
- Averiguar a viabilidade da utilização do processo de pirólise em mufla para a produção de adsorventes.

7. **Justificativa**

Um dos recursos renováveis que tem gerado grande interesse da sociedade científica é a biomassa, que se define como toda matéria orgânica susceptível de ser transformada em energia. A biomassa se constitui em uma alternativa importante como fonte de carbono renovável no Brasil, uma vez que a imensa superfície do país, aliada ao clima favorável, oferece excelente condições para a produção e uso energético desse insumo em larga escala (SANTOS, 2013).

Uma alternativa para a utilização da biomassa é na forma de um material adsorvente. Atualmente, essa temática está sendo muito estudada, pois há a necessidade de substituição do carvão ativado por algo mais viável economicamente e ambientalmente. O objetivo é produzir

um material adsorvente com características semelhantes ou superiores que o carvão ativado, podendo se tornar então um tratamento de efluentes das indústrias têxteis da região.

Os efluentes têxteis, quando lançados nos corpos hídricos, reduzem a penetração da luz solar, prejudicando os processos de fotossíntese. Além disso, os corantes têm sido apontados como substâncias potencialmente tóxicas. Em geral, os processos de remoção estão fundamentados em sistemas físico-químicos seguidos de tratamento biológico. O processo de adsorção, além de apresentar alta eficiência de remoção, ainda apresenta como vantagem a facilidade de operação e a possibilidade de utilização de adsorventes de baixo custo (CARDOSO, 2012).

O interesse pelo tema remoção de corantes têxteis utilizando como material adsorvente a biomassa pirolisada proveniente da bainha foliar da Palmeira Real (*Archontophoenix alexandrae*) surgiu a partir de uma visita aos Laboratórios de Pesquisa da FURB, onde o Prof. Dr. Vinycius Rodolfo Wiggers apresentou diversos reatores onde são realizados ensaios de pirólise. Durante a visita foram apresentados os diferentes processos de pirólise e a diversidade de materiais que tem sido pirolisados.

A pirólise resulta geralmente em três fases: sólida, líquida e gasosa. No caso de materiais ricos em celulose, como a Palmeira Real, a fase líquida possuirá grande concentração de lignocelulose, material de difícil separação e que não atrai grande interesse do ponto de vista comercial ou de suas aplicações. Já a fase gasosa, nestes ensaios com pequenas quantidades de material, em escala laboratorial, é geralmente queimada na saída do reator pirólítico. Assim, o interesse recai sobre a fase sólida, pois o material sólido produzido deverá ser rico em carbono e, portanto, poderá apresentar uma boa capacidade adsorvente.

Em pesquisas anteriores realizadas também por alunos do Instituto Federal de Santa Catarina, já foi estudada a capacidade adsorvente da bainha foliar da Palmeria Real *in natura* frente a soluções contendo azul de metileno, nesta fase do trabalho pretende-se comparar a capacidade adsorvente do material *in natura* com a sua capacidade após a pirólise deste material.

8. **Fundamentação Teórica**

8.1 Biomassa

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, pode ser considerado biomassa todo recurso renovável que provêm de matéria orgânica - de origem vegetal ou animal - tendo por objetivo principal a produção de energia e, além disso, é uma forma indireta de aproveitamento da luz solar, já que ocorre a conversão da radiação solar em energia química por meio da fotossíntese.

Essa biomassa pode ser direta ou indiretamente empregada para a geração de combustíveis, como etanol, metanol, biogás, carvão vegetal e óleos etc (SANTOS et al, 2007). Nesta pesquisa o enfoque será a utilização desta biomassa como um material adsorvente.

8.2 Palmeira real

Dentre os produtos classificados como biomassa, temos os materiais lignocelulósicos, sendo um deles a bainha foliar da palmeira real, que se torna resíduo após o corte da planta. O Brasil detém cerca de 95% do mercado de exportação mundial de palmito, com receitas médias anuais de 30 milhões de dólares e tendência de expansão permanente (BOVI, 1997).

Como planta ornamental, a palmeira real é bastante cultivada em regiões tropicais e subtropicais, sendo que no Brasil, é principalmente cultivada no Sul e Sudeste. O Estado de Santa Catarina foi o pioneiro no cultivo da palmeira real para produção de palmito em conserva, com início na região litorânea (RAMOS; HECK, 2003). O gênero *Archontophoenix* sp. possui seis espécies, entre as quais se destacam a *A. alexandrae* que será utilizada na pesquisa.

As exigências climáticas para o cultivo da espécie são: climas subtropicais ou tropicais, quente e úmido; com temperatura média anual favorável entre 20 e 22° C, não tolerando a ocorrência de geadas. Para que a planta tenha bom desenvolvimento, o índice pluviométrico pode variar entre 1.500 e 1.970 mm anuais, com boa distribuição sazonal. Existe boa adaptação da espécie às áreas planas ou onduladas e a diferentes tipos de solos, desde os extremamente arenosos até aqueles com alto conteúdo de argila, bem estruturados, sem compactação (RAMOS; HECK, 2003).

A parte do caule da palmeira real que fornece o palmito é constituída por três camadas (bainhas): externa, mediana e miolo do palmito. A camada externa que envolve o palmito é fibrosa e tem por função proteger as folhas que estão em formação. São de cor esverdeada ou marrom e não são utilizadas na industrialização do palmito. Representa de 25 a 35% do seu peso seco, dependendo da espécie de palmito. A segunda camada de cor mais clara e que apresenta de 25 a 30%, é a bainha mediana ou semifibrosa. Esta camada é usada para proteger o palmito no transporte até a industrialização e também não é utilizada, sendo descartada no início do beneficiamento. Por fim, encontra-se o miolo, que contém baixo teor de fibras. Esta parte é que produz o palmito em conserva (LIMA e MARCONDES, 2005).

A alta produtividade da palmito, conduz à geração de grande quantidade de resíduo vegetal do processamento. O processo de extração do palmito exige o corte da palmeira, pois somente uma pequena parte interna do caule é utilizada para comercialização e consumo alimentício (BORDERES, 2006). Assim, a valorização do resíduo gerado apresenta-se como uma alternativa atraente para gerar desenvolvimento nos negócios do setor alinhado com conceitos de sustentabilidade, como princípios de não geração de resíduos (PAULI, 1996; McDONOUGH e BRAUNGART, 2002).

8.3 Absorção e Adsorção

A absorção é um processo de transferência de massa que se dá devido a uma diferença de concentração entre os meios presentes. Esta transferência ocorre até que continue havendo diferença de concentração nos meios envolvidos (SCHNEIDER *et al.*, 2012). Já a adsorção consiste em um processo no qual uma substância é capaz de adsorver partículas de outra substância, quando em contato com ela após um determinado tempo (ATKINS; PAULA, 2008).

8.4 Pirólise

A pirólise é uma técnica de destilação que consiste na destruição de moléculas de materiais orgânicos através do calor na ausência de oxigênio, em que os compostos mais leves

são convertidos em frações líquidas, que conseqüentemente sofrem um processo de condensação em fase gasosa, favorecendo a formação de novas substâncias. Os processos de pirólise podem ser divididos em pirólise convencional ou lenta e pirólise rápida, dependendo das condições operacionais usadas (VIEIRA, 2000, 2004, 2009).

O calor fornecido ao material provoca ruptura e recombinações de ligações químicas e de interações físicas, fracionando assim a estrutura molecular do material, liberando compostos de carbono nas três formas básicas da matéria (os três estados básicos da matéria (sólido, líquido e gasoso), que podem ser utilizados como combustíveis ou insumos químicos (DINIZ, 2005).

Nos processos térmicos as reações são de quebra e de condensação. A pirólise é bastante endotérmica, na ordem de 100 kJ.kg^{-1} , diferentemente da combustão, que é altamente exotérmica (FYTILI; ZABANIOTOU, 2008).

O óleo obtido por pirólise pode ter diversas aplicações industriais, dependendo da sua composição química; em geral é composto por hidrocarbonetos e ácidos graxos, podendo ser utilizado na produção de sabão, graxa e de ésteres metílicos, para obtenção de biodiesel. É também uma fonte de produtos químicos refinados, com alto preço no varejo: solventes, tintas, adesivos, fibras sintéticas, resinas, cosméticos, fármacos, corantes, plásticos, entre outros. O carvão, quando ativado, pode ser utilizado como filtro, aplicado para purificações de processos industriais em ETAs e ETEs (VIEIRA, 2000; CORTEZ *et al.*, 2008).

8.5 Carvão ativado

Carvão ativado é um material constituído por carbono que possui forma microcristalina, não grafítica, que sofreu modificações para aumentar sua porosidade. O carvão ativado é obtido a partir da queima controlada de certos tipos de madeiras. Essa queima precisa ser feita a uma temperatura de 800°C a 1000°C , para evitar que ocorra a queima total e que se perca a porosidade do carvão.(PIZA, 2008).

O carvão ativado tem três tipos de classificações: granular, fibroso e pó, e cada um é utilizado para uma finalidade específica (COUTO, 2009, apud SRINIVASAKANNAN; ABU BAKAR, 2004). Este material tem sido utilizado como adsorvente em muitos processos como:

remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos de soluções, bem como em processos de purificação de gás.

8.6 Efluentes têxteis

Os efluentes têxteis são resíduos gerados pelas indústrias têxteis que em suas diversas atividades rotineiras, fazem o emprego de substâncias químicas em processos industriais (geralmente em larga escala) acabam transformando grande parte de suas matérias-primas de fabricação em material de descarte (KUNZ *et al.*, 2002).

O efluente varia muito na sua composição, pois o mesmo provém de variados processos, tais como: engomagem, purga, alvejamento, alvejamento com branco ótico, tingimentos de cores variadas, estamparia, tratamentos enzimáticos e posteriores lavagens. Nestes processos são utilizados produtos também com as mais variadas formulações, que resultam em um efluente contendo dextrinas, graxas, pectinas, álcoois, cloreto de sódio, ácido acético, hidrossulfito de sódio, sulfato de sódio, corantes reativos, corantes a cuba, corantes dispersos, pigmentos entre outros, sendo esses os causadores de intensa coloração no efluente (QUADROS, 2005).

Os aditivos químicos utilizados na indústria têxtil, e no caso dos corantes, também em outros setores, se mostram extremamente necessários às diversas atividades de que a sociedade usufrui rotineiramente, tendo por esse e por outros motivos, as mais diferentes variedades que são aplicadas de acordo com cada situação e necessidade específica (KUNZ *et al.*, 2002).

Segundo Lagunas (1998), os métodos de tratamento de efluentes têxteis podem ser, genericamente, relacionados como:

8.6.1 Métodos Físicos

Consiste numa forma de tratamento inicial (pré-tratamento) onde são removidos os resíduos grosseiros do efluente na ETE. Em geral, são utilizadas grades, peneiras simples ou rotativas, filtros, tanques de remoção de óleos e graxas, decantadores e outros. Este pré-

tratamento tem como principal objetivo proteger as tubulações e os equipamentos dos tratamentos posteriores.

8.6.2 Métodos Físico-Químicos

Estes métodos podem ser utilizados na remoção de matéria orgânica e coloidal, cor, turbidez, odores, ácidos e álcalis. O processo de neutralização dos despejos, feito nos tanques de equalização, é de suma importância, pois a variação do pH influencia normalmente nos tratamentos posteriores. A decantação das partículas suspensas no efluente resulta da adição de sulfato de alumínio ou cloreto férrico e de um polímero coadjuvante. Através deste método, objetiva-se obter um bom nível de redução da carga orgânica (DBO), temperatura e em alguns casos, coloração chegando-se a níveis aceitáveis para despejos. Os processos físico-químicos mais usados são a coagulação, a floculação, a precipitação, a oxidação.

8.6.3 Métodos Biológicos

Os processos biológicos procuram aproveitar o metabolismo dos seres vivos existente nos rios e lagoas, que transformam a carga orgânica neles despejada em material celular. O que acontece com os rios é que o excesso de nutrientes causa tal desequilíbrio que todos os seres aeróbios tendem a morrer por falta de oxigênio. As estações de tratamento biológico procuram evitar que esses despejos causem tal desequilíbrio, removendo a carga de nutrientes na própria estação.

8.7 Corantes

Conforme Guaratini e Zanoni (2000), corantes sintéticos são em sua maioria xenobióticos, sendo que microrganismos em rios e lagos não contêm enzimas específicas para degradação deste tipo de composto sob condições na presença de ar, mas mesmo sob condições anaeróbicas a degradação do corante se processa muito lentamente. Assim, a necessidade de se

obter um processo viável e de alta eficiência para fotodegradação destes corantes mostra-se essencial.

Tendo em vista que corantes, pigmentos e branqueadores ópticos são compostos complexos, muitas vezes é impossível traduzí-los por uma fórmula química, onde alguns são misturas de vários compostos e outros não possuem estrutura química definida. Por esse motivo, a nomenclatura química usual raramente é usada, preferindo-se utilizar os nomes comerciais (ABIQUIM, 2011).

O azul de metileno (AM), cuja estrutura é apresentada na Figura 1, é um corante oxazínico (derivado da acrinina, azinas, oxazinas e tiazinassolúvel) em água ou em álcool (REDMOND, 1999). Segundo Fabrício *et al.* (2010) corante azul de metileno é comumente empregado na produção de papel e outros materiais como poliésteres e nylons. O azul de metileno apresenta em sua composição a estrutura da fenotiazina (apresenta a fórmula $S(C_6 H_4)_2 NH$), composto que está presente em antihistamínicos e antipsicóticos.

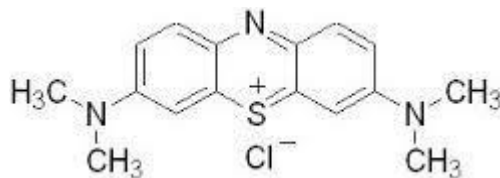


Figura 1: Estrutura do Azul de Metileno.

9. Metodologia

9.1 Materiais

O material escolhido para a pirólise na mufla, será obtido de doações de produtores da região. A bainha foliar da Palmeira Real, é encontrada em grande escala, por este fator que será utilizado a mesma. O material será trazido para o laboratório, onde será cortado em pequenos filetes utilizando estilete ou faca, lavado com água destilada para ser colocado em cadinhos de porcelana e dirigidos ao forno mufla.

9.2 Métodos

Para a pirólise da bainha foliar da Palmeira Real, amostras desta serão transferidas para cadinhos de porcelana e conduzidas para o forno mufla. As condições do equipamento para a pirólise serão objeto de estudo desta pesquisa, conforme já descrito.

O material resultante da pirólise da bainha foliar da Palmeira Real será testado quanto a sua capacidade adsorvente. Para estes estudos, o material adsorvente será colocado em erlenmeyers contendo soluções de azul de metileno em diferentes concentrações. O frasco contendo o adsorvente e o adsorbato será colocado em banho maria a temperatura e agitação controladas. Em intervalos de tempo pré-determinados serão retiradas alíquotas da solução e analisadas em um espectrofotômetro de UV/Vis a fim de se registrar a absorbância. A partir da curva de calibração do corante será então determinada a concentração do mesmo em solução ao longo do processo de adsorção.

A partir da variação da concentração do corante em solução em diferentes tempos um de contato adsorvente-adsorbato será possível quantificar: parâmetros de equilíbrio (como a concentração de equilíbrio na solução e no adsorvente); cinéticos (velocidade de adsorção) e termodinâmicos (entalpia e entropia de adsorção).

9.3 Tratamento dos rejeitos

Os estudos propostos neste projeto de pesquisa irão gerar dois tipos de rejeitos, a saber: o sólido proveniente da pirólise e a solução líquida colorida utilizada nos estudos de adsorção.

O sólido, bainha foliar da Palmeira Real pirolisado, será utilizado nos estudos de adsorção e, ao final, poderá ser separado por filtração simples. Este material, que será gerado em pequena quantidade, terá como destino o envio para empresas de tratamento de resíduos. Já a solução do corante azul de metileno será tratada pelo Laboratório de Química Têxtil, já adaptado para tal finalidade.

10. Cronograma

	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	
Obtenção da matéria prima	X					
Processamento da matéria prima		X	X			
Análise da capacidade adsorvente do material pirolisado		X	X	X	X	
Comparar e analisar a capacidade de adsorção do material pirolisado com o produto <i>in natura</i>					X	
Averiguar a viabilidade da utilização do processo de pirólise em mufla para a produção de adsorventes.					X	
Elaboração do artigo				X	X	X
Apresentação perante banca avaliadora						X

Referências Bibliográficas

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. **Corantes e Pigmentos – Classificação**. Disponível em: <http://www.abiquim.org.br/corantes/cor_classificacao.asp>. Acesso em: nov 2014.

ATKINS, P. W.; Paula, J. de. **Físico-química**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v. 2, 427p.

BORDERES, **Produção de Pycnoporus sanguineus em resíduos do processamento da palmeira-real-da-australi**. 2006. 9p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Biológicas) – Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2006.

BOVI, M.L.A. **Expansão do cultivo da pupunheira para palmito no Brasil**. *Horticultura Brasileira*, v.15, p. 183-185, 1997.

BOVI, M.L.A. **Cultivo da palmeira real australiana visando à produção de palmito**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1998.

CARDOSO, N.F. **Adsorção de corantes têxteis utilizando biossorventes alternativos**. UFRS. 2012.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S., GÓMEZ, E. O. (Orgs.). **Biomassa para energia**. Campinas, SP: UNICAMP, 2008. 29 p.

COUTO, Gabriela Martucci do. **Utilização da serragem de Eucalyptus sp. na preparação de carvões ativados**. Dissertação em Ciência e Tecnologia da Madeira. Universidade Federal de Lavras. 115p. 2009.

DINIZ, J. **Conversão térmica de casca de arroz a baixa temperatura: produção de bioóleo e resíduo sílico-carbonoso absorvente**. 2005. 185f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2005.

FYTILI, D.; ZABANIOTOU, A. **Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods – A review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 12, n. 1, p. 116-140, 2008.

GUARATINI, Cláudia C. I.; ZANONI, Maria V. B. **Corantes Têxteis.** *Química Nova*, vol. 1, n. 23, p. 71-18, 2000.

SCHNEIDER, Rosana de Cassia; SZARBLEWSKI, Matheus da Silva; MACHADO, Enio Leandro. 2012. **Métodos para a remoção de sulfeto de hidrogênio de efluentes gasosos aplicáveis a reatores anaeróbios.** Disponível em < file:///C:/Users/karin/Downloads/2865-10399-1-PB.pdf > Acesso em 16 de novembro de 2014.

SANTOS, N.A.V. **Pirólise Rápida de Coprodutos do Processo Produtivo do Biodiesel: Efeito da Condições de Pirólise e Caracterização dos Produtos.** UFLA. 2013.

KUNZ, Airton et al. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis.** *Química Nova*, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

LAGUNAS, F. G.; LIS, M. J.; **Tratamento de Efluentes na Indústria Têxtil Algodoeira.** *Revista Química Têxtil*, n. 50, p. 6-15, 1998.

MC DONOUGH, W.; Braungart, M. Design Chemistry (MBDC). **Remaking the way we make things: cradle to cradle.** New York: North Point Press, 2002.

PAULI, G. **Emissão zero: a busca de novos paradigmas: o que os negócios podem oferecer à sociedade.** Tradução José W. M. Kaehler, Maria T. R. Rodriguez. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996.

PIZA, Ana Vera de Toledo. **Avaliação da Capacidade Adsorptiva de Carvões Ativado para Remoção de Diuron e Hexazinona.** Dissertação de mestrado. Universidade de Ribeirão Preto. 107 p. 2008.

QUADROS, Silvana Stefanel de. **Tratamento e reutilização de efluentes têxteis gerados nos tingimentos de tecidos de algodão.** Dissertação de mestrado. Universidade Regional de Blumenau. 21 p. 2005.

RAMOS, M.G.; HECK, T.C. **Cultivo da palmeira-real-da-austrália para produção de palmito.** Florianópolis: EPAGRI, 2003.

REDMOND Redmond, R., **Photochemistry and Photobiology**, 1999.

VIEIRA, G. E. G. **Resíduos da produção industrial de borracha (ETRI) e bebida (ETE) – uma avaliação pela tecnologia de LTC.** 2000. 322 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, Niterói, 2000.

VIEIRA, G. E. G. **Fontes alternativas de Energia – processo aperfeiçoado de conversão térmica.** 2004. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, Niterói, 2004a.

VIEIRA, G. E. G. et al. **Low temperature conversion (LTC) – An alternative method to treat sludge generated in an industrial wastewater treatment station – Batch and continuous process comparison.** Bioresource Technology, v. 100, n.4., p. 1544-1547, 2009.