

Ministério da Educação

Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Câmpus Jaraguá do Sul – Centro

AMANDA MACHADO DOS SANTOS

ANDERSON JOSÉ ECCEL

GIADA SANTA BUSI

GIOVANNA EVANGELISTA

GUILHERME SCHEUER

KEYSI CONRADI

MATHEUS ROYER

**BIOSSORÇÃO DE EFLUENTES CONTAMINADOS COM CROMO A PARTIR
DA MACROALGA *Sargassum cymosum***

JARAGUÁ DO SUL

2018

AMANDA MACHADO DOS SANTOS

ANDERSON JOSÉ ECCEL

GIADA SANTA BUSI

GIOVANNA EVANGELISTA

GUILHERME SCHEUER

KEYSI CONRADI

MATHEUS ROYER

**BIOSSORÇÃO DE EFLUENTES CONTAMINADOS COM CROMO A PARTIR
DA MACROALGA *Sargassum cymosum***

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando Saberes” do curso Técnico Integrado em Química do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul

Orientador: Juliano Maritan Amâncio

Coorientadora: Débora Tomazi Pereira

Coordenador: Roberto João Eissler

JARAGUÁ DO SUL

2018

SUMÁRIO

1 TEMA	3
2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	3
3 PROBLEMA	3
4 HIPÓTESES	3
5 OBJETIVOS	4
5.1 Objetivo Geral	4
5.2 Objetivos específicos	4
6 JUSTIFICATIVA	4
7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
7.1 A relação entre os metais e a poluição	6
7.2 Cromo (Cr)	7
7.2 Protonação e biossorção utilizando macroalgas	10
7.3 Análise de efluentes com metais pesados com FAAS	12
7.3.1 Atomização com chama	14
8 METODOLOGIA	15
8.1 Obtenção e tratamento da alga	15
8.2 Preparação das soluções e do material utilizado	17
8.3 Planejamento experimental da adsorção e estudo cinético.	18
8.4 Análise e discussão dos dados	19
9 CRONOGRAMA	19
REFERÊNCIAS	21

1 TEMA

Biossorção de efluentes contaminados com cromo a partir da macroalga *Sargassum cymosum*.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Tratamento do cromo hexavalente (Cr^{6+}) presente em efluentes simulados dos laboratórios de química do Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul - Centro, através do método de biossorção pela macroalga do gênero *Sargassum cymosum*.

3 PROBLEMA

Observou-se que nos laboratórios de química do Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Jaraguá do Sul - Centro, havia efluentes com alta concentração do metal cromo (Cr^{6+}). Em virtude dos altos custos de tratamento do efluente para que a concentração do metal pesado não ultrapassasse o valor de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$, estabelecido como parâmetro pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 para descarte no ambiente, ponderou-se acerca do seguinte questionamento: é viável utilizar a macroalga *Sargassum cymosum* para o tratamento de baixo custo por meio da biossorção do Cr^{6+} presente nos resíduos laboratoriais?

4 HIPÓTESES

- O uso da macroalga como biossorvente auxilia de forma significativa o tratamento do efluente simulado;
- A massa de alga utilizada removerá todo o Cr^{6+} da solução;
- O Cr^{6+} é biossorvido mais rapidamente nas primeiras 6 horas de contato com a alga.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo Geral

Utilizar macroalgas da espécie *Sargassum cymosum* como bioissorvente do Cr^{6+} presente em soluções aquosas laboratoriais de cromato de potássio (K_2CrO_4).

5.2 Objetivos específicos

- Averiguar em literatura a capacidade de retenção de Cr^{6+} pela biomassa pré-tratada de macroalga e uma forma analítica para determinação de sua concentração;
- Obter a alga e realizar a quantificação do metal absorvido pela biomassa, como também o estudo cinético da bioissorção;
- Tratar e discutir os dados gerados relacionando-os com os obtidos na bibliografia referente ao tema;
- Sugerir uma destinação para a biomassa após o processo de bioissorção no relatório final do projeto.

6 JUSTIFICATIVA

Nos últimos tempos, o descarte cada vez mais frequente de efluentes químicos provenientes de indústrias e laboratórios de ensino e pesquisas vêm sendo reconhecidos como fontes predominantes da emissão de metais pesados em corpos hídricos, principalmente quando o descarte em esgotos ocorre de forma imprópria. Esses metais são descritos como um dos poluentes que apresentam maiores preocupações ambientais, já que a toxicidade desses elementos em meio aquático pode acarretar em diversas complicações. Dentre elas destaca-se a bioacumulação que, além de impossibilitar a ingestão da água, é responsável pela biomagnificação¹, contaminação essa que incide diretamente sobre a fauna e flora aquática, gerando também impactos sobre as cadeias tróficas.

Neste contexto, observa-se que dentre os metais pesados que evidenciam maior toxicidade está o cromo hexavalente (Cr^{6+}), que apresenta características cancerígenas e

¹ Biomagnificação: É um fenômeno que baseia-se na acumulação progressiva de determinada substância ou elemento na cadeia trófica (MONTONE, [2015]).

encontra-se presente como contaminante de diversos efluentes provenientes de indústrias de tinturaria, galvanoplastias², processamento de metais, fábricas de couro etc (PINA, 2011).

Devido a essas significativas quantidades de efluentes tóxicos que são expostos ao meio ambiente, ao longo do tempo foram desenvolvendo-se restrições governamentais mais rígidas quanto a essa deposição de águas residuais, tendo sido especificados limites máximos de evacuação, e lugares mais apropriados para a deposição desses rejeitos. Desta forma, novas alternativas e métodos de redução e eliminação de poluentes foram desenvolvidos, já que muitos processos caracterizados como convencionais para remoção de metais pesados vinham apresentando custos elevados. Pina (2011) ainda ressalta que a biossorção foi uma dessas alternativas inovadoras, uma vez que realiza a remoção de elementos metálicos utilizando agentes biológicos, além de ter se tornado bastante vantajoso, pois relaciona grande eficácia com custos de implementação bem como de operação bastante reduzidos.

Acerca disso mostra-se a atual relevância para pesquisas que visem minimizar esses impactos ambientais que a ocupação humana vem causando, e que dialoguem a respeito de substâncias químicas vitais para a vida como a água, que é um recurso de extrema importância para a economia, além de crucial para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos responsáveis em estabelecer o equilíbrio dos ecossistemas.

Por conseguinte, nota-se a vigente magnitude desse projeto, que deve-se primordialmente a situação do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) – Câmpus Jaraguá do Sul - Centro, onde foi possível averiguar que os custos de tratamento de metais pesados, muito utilizado em diversas práticas experimentais, em especial o cromo hexavalente a ser quantificado neste estudo, são economicamente inacessíveis.

Após observar através de prévias pesquisas que a biossorção vinha sendo uma opção viável para o tratamento desse tipo de resíduos, pesquisou-se então em artigos científicos acerca da adoção dessa prática utilizando macroalgas, evidenciando que esses organismos detém bom potencial de absorção de íons metálicos, removendo e/ou reduzindo as concentrações dos poluentes para os parâmetros da legislação.

Portanto, acredita-se que esta pesquisa é relevante e também condizente com a realidade contemporânea e com a cultura local, já que é observável um grande número de indústrias têxteis na região de Jaraguá do Sul, que utilizam não somente o cromo em suas

² Galvanoplastia: processo caracterizado pelo revestimento de uma peça metálica utilizando outro metal (DAWES, 1978, p. 84).

tinturarias como também outros metais pesados, causando problemáticas principalmente de cunho ambiental quando não recebem o devido tratamento.

7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

7.1 A relação entre os metais e a poluição

Descreve-se a poluição por metais pesados como quando um ou mais metais apresentam uma densidade elevada, que segundo Baird (1998 apud GUEDES; LIMA; SOUZA 2005, p. 132) é tida como superior a 5 g.cm^{-3} , ultrapassando o nível permitido em lei, e por geralmente serem tóxicos aos organismos vivos, são considerados poluentes. Vale ressaltar ainda, que

o conceito de poluição não está ainda definido com exatidão e nem divulgado corretamente na esfera da população. Para uns, poluição é a modificação prejudicial em um ambiente onde se encontra instalada uma forma de vida qualquer; para outros, essa forma de vida tem de ser o homem, e outros também a admitem como uma alteração ecológica nociva direta ou indiretamente ligada à higidez humana (MORAES; JORDÃO, 2002).

Nas últimas décadas houve um crescente número de pesquisas que visavam avaliar os possíveis efeitos de metais pesados no meio ambiente, sendo visto que as ações antrópicas são responsáveis por adições de até 1,16 milhão de toneladas de metais por ano em ecossistemas terrestres e aquáticos no mundo todo (NRIAGU; PACYNA, 1988, apud MUNIZ, 2006).

Esses metais podem ser encontrados na água por meio de atividades como mineração, metalurgia, uso de combustíveis e produção e descarte de lixos, ou por meio de processos naturais, já que os metais pesados também estão naturalmente presentes no ambiente, e o aumento de sua concentração pode ser proveniente também de processos naturais, como erupções vulcânicas, podendo ser encontrados em quantidades elevadas em solos ou sedimentos de rios, associados às anomalias geoquímicas das rochas, determinando quais íons serão mais abundantes nas águas dos rios, de acordo com Alloway e Ayres (1993, apud GUEDES; LIMA; SOUZA 2005 p. 132).

Manahan (1994 apud GUEDES; LIMA; SOUZA 2005 p. 132) informa que alguns metais pesados possuem efeito deletério, ou seja, prejudicial ao organismo, ocasionando sérios transtornos à saúde humana quando ingeridos em quantias excessiva. Assim, a contaminação por metais está diretamente associada à sua biodisponibilidade, podendo ser aumentada por fontes alimentadoras da poluição como, por exemplo, uma indústria localizada próxima de recursos hídricos. Desta forma, no Brasil a portaria nº 2914 de 12 de dezembro de

2011, definida pelo Ministério da Saúde, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Tucci (1994 apud GUEDES; LIMA; SOUZA. 2005 p. 132) discorre a respeito da magnitude da água potável como principal componente necessário à vida, e sobre sua escassez devido aos elevados níveis de poluição nos rios, lagos, poços e outros meios hídricos. A passividade e/ou descaso em relação à questão da maneira como são tratados os mananciais de água, demonstra que a humanidade (as populações em geral) não se conscientizaram quanto a real importância dos mesmos. Os rios urbanos são os que mais sofrem agressões, através do despejo de esgoto ou mesmo servindo como área de deposição de lixo de naturezas diversas, tais como: doméstico, hospitalar e/ou industrial.

7.2 Cromo (Cr)

Especialmente tratado neste trabalho, o cromo é um metal de transição, com número atômico 24 e designado pela baixa maleabilidade e ductibilidade. Dependendo da forma como é encontrado, é exposto como um mineral essencial ao ser humano, contudo devemos destacar que tanto seu excesso, quanto seu déficit podem ser prejudiciais. Observa-se que este pode ser utilizado em processos industriais para fazer aço inoxidável, assim como placas para as peças do carro, ferramentas, pintura de camuflagem, aparelhos de som, fitas de vídeo, entre outras utilizações.

O cromo hexavalente (Cr^{6+}), por exemplo, tem sido usado pela indústria de eletrônicos como tratamento anti-corrosivo, tais como: peças com banho de zinco, painéis de circuitos integrados e tubos de raios catódicos, bem como para blindagem elétrica para alguns componentes. Também tem uso em cromados, fabricação de corantes e pigmentos, escurecimentos de peles e preservação da madeira (CHEIS, 2013).

Na natureza, o cromo pode ser encontrado em vários estados de oxidação, desde o Cr^{2+} até o Cr^{6+} , sendo os mais comuns deles o Cr^{3+} e o Cr^{6+} . O cromo trivalente é facilmente precipitado³ e não tóxico e ainda mais predominante nos organismos vivos, sendo importante para o metabolismo humano, uma vez que é responsável pela degradação de açúcares, gorduras e proteínas e, até mesmo encontrado em baixas quantidades em alguns alimentos como carnes, cereais integrais e outros. No nosso organismo o Cr^{6+} é convertido em Cr^{3+} , onde

³ Precipitado: é chamado de precipitado, este sólido formado durante a reação química da precipitação.

é influenciado pela acidez do suco gástrico e por outras substâncias vindas dos alimentos como, ácido ascórbico, compostos sulfídricos etc (CHEIS, 2013).

O Cr^{6+} é extremamente solúvel, o que proporciona a fácil contaminação de lençóis freáticos e outras fontes de água potável, sendo considerado como agente tóxico e ocasionador de tumores, como também possui um potencial nefrotóxico⁴. A toxicidade deste elemento se limita ao Cr^{6+} que possui ação corrosiva e de irritação no organismo humano. A exposição do cromo hexavalente pode ocorrer, geralmente, em indústrias sejam elas, automobilísticas, metalúrgica entre outras, através da inalação, contato com a pele e ingestão.

Apesar da Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelecer o limite para o consumo humano, de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, os potenciais efeitos do cromo hexavalente variam, principalmente, com as espécies e as quantidades absorvidas na corrente sanguínea, além da rota e a duração da exposição. Por isso, o cromo hexavalente encontra-se na maior parte das listas nacionais e internacionais de materiais de elevada toxicidade, para os quais se aplicam rígidos procedimentos de controle (CHEIS, 2013).

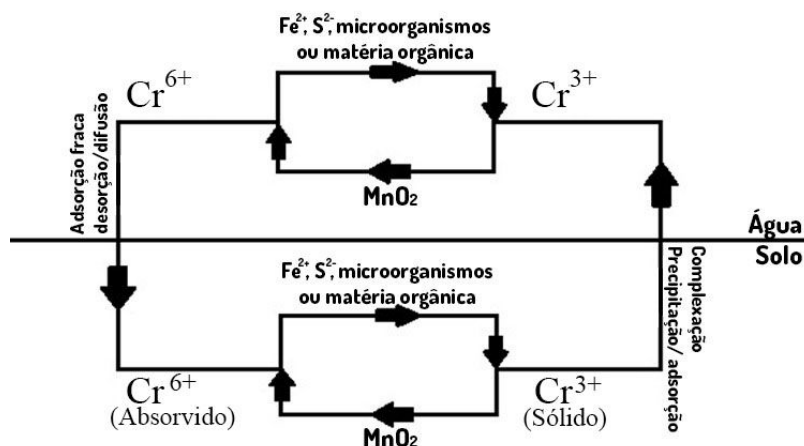
Este metal, diferenciando-se de outros metais pesados no sentido em que, apesar de ser tóxico para os seres humanos e para um grande número de organismos aquáticos em determinadas concentrações, é rapidamente convertido em Cr^{3+} (cromo trivalente) e não registra uma acumulação biológica no meio ambiente.

O cromo não é encontrado em sua forma livre, bastante comum em toda a crosta terrestre, com maior ou menor concentração, no minério CROMITA (FeCr_2O_4), quase metade da sua produção vem da África do Sul. O cromo hexavalente é resultado da redução industrial do cromo Trivalente. Existe a possibilidade da oxidação do cromo trivalente em Hexavalente nas circunstâncias específicas (água com pH elevado, etc), mas requerem estudos para sua comprovação. (GLADEK apud CHEIS, 2013).

Na natureza, o ciclo biogeoquímico do cromo pode ser observado na seguinte figura.

Figura 1: Ciclo biogeoquímico do cromo

⁴ Nefrotóxico: substâncias tóxicas para o rim.



Fonte: Roig Marino, 2006, p.14.

Como já fora comentado anteriormente, o cromo pode estar presente de forma natural no ambiente, por exemplo na crosta terrestre é encontrado como constituinte de rochas basálticas, graníticas e outras, podendo ser detectado também em meios hidrófilos e até mesmo no ar.

Em efluentes que contém cromo no estado hexavalente em excesso, é necessário a redução deste para o Cr^{3+} . E essa redução pode ocorrer naturalmente tanto por algumas espécies de plantas, quanto por alguns microrganismos, como pelas chamadas espécies redutoras, substâncias estas orgânicas como o Fe^{2+} e o S^{2-} , mostrados na figura anterior.

É possível esquematizar a partir do ciclo acima, que o Cr^{3+} é suficientemente móvel para migrar para a superfície e reagir com o dióxido de manganês MnO_2 , formado naturalmente na parte superior do lodo quando o óxido de manganês (MnO) reage com o oxigênio atmosférico, podendo assim formar o Cr^{6+} . Contudo é válida a explanação de que após essa reação o dióxido de manganês é reduzido a Mn^{2+} na crosta terrestre, mas isso em condições na qual o solo se encontra molhado ou úmido, pois em condições de seca o Cr^{3+} não oxida na presença de MnO_2 (BARLETT, 1991).

Pode constatar-se que mesmo o Cr^{3+} seja menos tóxico, e até necessário para o funcionamento e equilíbrio humano, quando lançado na natureza como em meios aquáticos e terrestres, não há garantias que este permanecerá neste estado pois processos como os de oxidação podem formar o Cr^{6+} .

7.2 Protonação e bioissorção utilizando macroalgas

As algas são seres considerados em três distintos reinos: plantae, protista e monera, sendo unicelulares ou multicelulares, além de fotossintetizantes, podendo habitar diferentes meios com a presença de água doce ou salgada como mares, rios, neve e outros ambientes úmidos, desde que lhes forneçam luminosidade e umidade suficiente para sobrevivência (VIDOTTI; ROLLEMBERG, 2004). A alga utilizada nesta pesquisa é a *Sargassum cymosum*, pertencente ao Filo Phaeophyta, que compreende as macroalgas pardas ou feofíceas.

Além da sua importância na manutenção da vida no planeta pela produção da maior parte do oxigênio encontrado na atmosfera, as algas têm, ainda, um grande valor econômico por conta da sua utilização em diversos setores da indústria como, por exemplo, alimentícia, cosmética e farmacêutica (VIDOTTI; ROLLEMBERG, 2004). Vale ressaltar que tanto o termo macroalga quanto o termo microalga são utilizados apenas por referência às algas passíveis de observação a olho nu e às apenas de observação microscópica, respectivamente. Portanto, ambas não possuem quaisquer valores taxonômicos (DERNER et al., 2006).

Atualmente, dentre os poluentes que vem causando maiores preocupações ambientais apresentam-se os metais pesados, sendo que o crescente aumento populacional e busca por desenvolvimento também está diretamente ligado com o aumento exponencial desses metais. Por conseguinte, observou-se a necessidade de se estar desenvolvendo métodos para a remoção de efluentes com metais pesados, dentre esses procedimentos os tidos como convencionais são: precipitação química, oxidação-redução, troca iônica, osmose reversa, tratamento eletroquímico e evaporação, mas que no decorrer das últimas décadas, acabaram cedendo espaço para novos métodos como a bioissorção, a qual vem tornando-se uma alternativa mais atrativa para o tratamento de resíduos industriais (COSSICH, 2000, p.15). Levando em conta o ponto de vista econômico, a utilização de algas como bioissorventes acabou se tornando uma opção bastante vantajosa, já que são encontradas com facilidade na natureza e normalmente em grandes quantidades (PINA, 2011).

Assim, compreende-se por bioissorção como sendo “uma técnica que se fundamenta na ligação dos metais com materiais biológicos [...] para proporcionar a retenção, remoção ou recuperação de metais pesados de um ambiente líquido” (TEDESCO, 2010, p. 3), modificado por ações antropogênicas industriais, mineradoras, entre outras (OLIVEIRA, 2011). Inclusivamente, este processo pode acontecer tanto com o uso de células vivas quanto mortas

(MURALEEDHARAN; IYENGAR; VENKOBACHAR, 1991). Desta forma, “a biossorção de metais não é baseada num único mecanismo. Ela consiste de vários mecanismos que quantitativa e qualitativamente diferem de acordo com as espécies usadas, a origem da biomassa e seu processamento” (VOLESKY e HOLAN, 1995 apud COSSICH, 2000, p. 16). São chamados de biossorventes, por sua vez, os compostos orgânicos que realizam a biossorção (PINA, 2011).

O mecanismo biossorvente tratado aqui será a complexação, caracterizada pela retenção dos metais carregados positivamente pelos grupos aniônicos presentes na parte externa da parede celular das células (COSSICH, 2000 e MURALEEDHARAN; IYENGAR; VENKOBACHAR, 1991). Conforme Pina (2011, p.11) o processo de adsorção física realizado pela biomassa durante a complexação consiste em seu âmbito na ligação dos íons metálicos aos chamados sítios ativos presentes na superfície celular do biossorvente, por intermédio das forças eletrostáticas. Desta forma, os sítios ativos são caracterizados por inicialmente se apresentarem ocupados por outros cátions, de menor afinidade eletrônica e, durante a permuta iônica, esses cátions dão lugar a outros íons metálicos, que neste caso seriam os metais pesados presentes na solução em que a biomassa de alga se encontraria. Considerando a ocorrência das ligações dos grupos aniônicos aos íons metálicos por meio de ligações covalentes dativas, assume-se que a composição molecular da parede celular e as condições experimentais, tais como o pH e temperatura, podem afetar a reatividade dos grupos aniônicos e a consequente biossorção (MURALEEDHARAN; IYENGAR; VENKOBACHAR, 1991). Durante a complexação pode ocorrer ainda a chamada microprecipitação, descrita como a ocorrência da deposição do metal, ou sal, na parede celular do biossorvente.

Descreve-se a parede celular como sendo um resistente envoltório extracelular, responsável pela forma e rigidez da célula, e presente majoritariamente em todos os vegetais, além de alguns fungos, protozoários e bactérias. Esta estrutura também está presente nas algas, e são a partir dos constituintes da parede celular das algas marinhas que são realizadas as diferenciações entre suas classes (FARINAS, 2011).

A celulose é o constituinte básico da maioria das algas e está associada à pectina da parede celular, juntamente com outras substâncias, tais como a algina, a fucoidina e os ésteres poligalactoses-sulfatos. Estes consistem numa cadeia longa de polissacarídeos, aos quais estão associados diferentes resíduos de açúcares, a depender do tipo de alga marinha analisada (MOREIRA, 2007, p. 39)

De acordo com Costa et al. (1995 apud MOREIRA, 2007, p. 40) são no entanto os polissacarídeos estruturais presentes na parede celular das algas marinhas os principais responsáveis pela captura dos íons metálicos. Segundo Crist et al. (1981, 1992, 1994 apud MOREIRA 2007, p. 40), “(...) os polissacarídeos da parede celular das algas marinhas dispõem de grupos aminos, grupos carboxílicos e grupos sulfatos, disponíveis para realizar ligações características de coordenação com íons metálicos”.

As algas marinhas do Filo Phaeophyta são caracterizadas com altos teores de polissacarídeos, podendo ser um fator relevante em uma bio sorção, já que ocorreria uma maior retenção de íons metálicos. Na parede celular desta alga, o ácido algínico é muito encontrado e sua presença ocorre em função do habitat e das variações sazonais aos quais a alga marinha está sujeita, sendo em alguns tipos de algas marinhas pardas também a presença de ácido fuccínico (MOREIRA, 2007).

A protonação da biomassa de algas pode aumentar a taxa de bio sorção metálica, visto que temos como protonação quando um próton liga-se a uma determinada substância, e a protonação da biomassa de alga teria por objetivo remover metais possivelmente presentes em sua estrutura que poderia influenciar na bio sorção.

7.3 Análise de efluentes com metais pesados com FAAS

Mediante o transcorrer do tempo, o teor de metais pesados vem sendo utilizado como indicativo para definir a concentração, bem como o nível de contaminação destes elementos tóxicos em corpos hídricos. Desta forma, a alta sensibilidade de técnicas analíticas torna premente a necessidade da adoção de procedimentos que auxiliem na determinação e quantificação destes metais pesados.

Ainda que apresenta limitação por analisar um único elemento por vez, bem como por permitir a que o mesmo seja executado apenas com amostras líquidas, a espectrometria de absorção atômica em chama (no inglês, FAAS – *Flame Atomic Absorption Spectrometry*) é uma das mais utilizadas para este propósito por tratar-se de uma técnica analítica bem sucedida. O princípio primordial deste equipamento envolve a medida da absorção da intensidade da radiação eletromagnética PINA (2011) através de átomos no estado gasoso, e que são provenientes de uma fonte primária, empregando a chama como atomizador, sendo pertinente salientar também que esta técnica é a mais empregada quando se trata de análise elementares em níveis de mg.L^{-1} .

Para a análise quantitativa de elementos metálicos, o espectrômetro de absorção atômica em chama é composto por sistemas bem definidos. Os componentes básicos que constituem o espectrômetro podem ser verificados na figura abaixo.

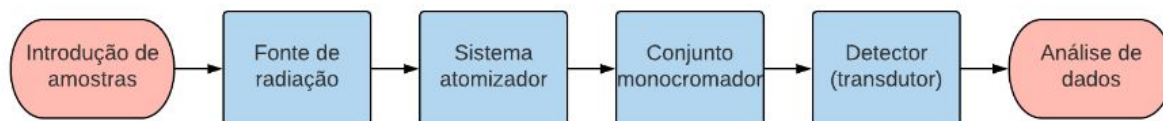


Figura 2: Componentes básicos do FAAS.

Tendo em vista que o instrumento analítico emprega a chama como atomizador, utiliza-se um nebulizador pneumático para que possa ser gerado átomos no estado gasoso e posterior absorção da energia.

Uma vez que é necessária uma fonte de radiação para a emissão de comprimentos de ondas do espectro visível bem como do ultravioleta, utiliza-se lâmpadas de cátodo oco, cada qual com os elementos que deseja-se analisar. Para que isto ocorra, o objeto sofre uma diferença de potencial (ddp) entre o cátodo e o ânodo da lâmpada (constituída por neônio ou argônio), ocasionando uma descarga elétrica e provocando assim a ionização do gás de enchimento, sendo que a tensão aplicada neste processo estabelece-se entre 150 e 400 V (volts). (KRUG; NÓBREGA; OLIVEIRA, 2004)

A emissão da radiação eletromagnética será dada a partir do momento em que os íons formados (cátions) começarão a colidir entre si bem como com a superfície interna do recipiente, possibilitando com que os mesmos arranquem átomos que estão no estado de vapor, como também no interior do cátodo oco. Estes átomos irão colidir mutuamente com átomos do gás inerte, o que lhes oferecerá energia suficiente para a transição de elétrons na eletrosfera e posterior emissão da radiação eletromagnética, uma vez que o átomo apresentará a tendência de retornar ao seu estado fundamental para alcançar sua estabilidade novamente (KRUG; NÓBREGA; OLIVEIRA, 2004).

O monocromador é responsável pela seleção dos comprimentos espectrais característicos de cada elemento, e para isto utiliza-se um prisma ou então uma rede de difração. De maneira semelhante, segundo Krug; Nóbrega; Oliveira (2004) um dos dois objetos utilizados estarão decompondo o feixe de radiação em discretos comprimentos de

onda, e por intermédio de uma das fendas, uma para entrada e outra para saída da radiação, é possível selecionar apenas a linha de comprimento de onda desejada. Posto isso, faz-se essencial salientar que o comprimento de onda que será selecionado para a análise de absorção do Cr^{6+} será a que o computador indicar, uma vez que os elementos possuem mais de um comprimento de onda específico onde é possível realizar o processo. Isto dá-se, em grande parte, devido às substâncias que estão presentes na amostra, posto que é possível a interferência por parte das mesmas na atomização bem como na análise dos dados.

Para que seja possível analisar os dados obtidos no equipamento, explicam Krug, Nóbrega e Oliveira (2004), é enviado um sinal para o computador, o qual é tido através de um detector constituído por válvulas fotomultiplicadoras ou detectores de estado sólido que são caracterizadas por apresentarem um cátodo recoberto por uma camada sensível à luz e um ânodo que o circunda. Segundo Krug, Nóbrega e Oliveira (2004, p. 16) ,“o sistema de detecção consiste em de amperímetro analítico, ou seja, um dispositivo capaz de medir a corrente proveniente da válvula fotomultiplicadora”.

7.3.1 Atomização com chama

Os objetos que compõe o processo de atomização em chama são de grande relevância pois é através destes que serão gerados os átomos no estado gasoso para que possam absorver a radiação eletromagnética proveniente da fonte de radiação e assim, explicitar a concentração do metal que está sendo analisado.

Este processo é caracterizado pela utilização de um nebulizador pneumático onde a solução da amostra será aspirada e nebulizada na forma de um aerossol na câmara de nebulização (PINA 2011). Convém ressaltar que somente 5 a 10 % da amostra que é aspirada é direcionada à chama, pois o restante é descartado através de uma mangueira de descarte (KRUG; NÓBREGA; OLIVEIRA 2004). Segundo os mesmos autores citados anteriormente, para que o aerossol chegue até o queimador, utiliza-se gases combustível e oxidante, sendo a mistura mais comum ar/acetileno, ocasionando uma chama azul e temperaturas que variam de 2100 a 2400 °C. Uma vez que a solução da amostra é aspirada continuamente, isto resulta em um sinal permanente que é proporcional à concentração do analito na solução.

O esquema que apresenta os componentes essenciais para a atomização em chama pode ser conferido abaixo.

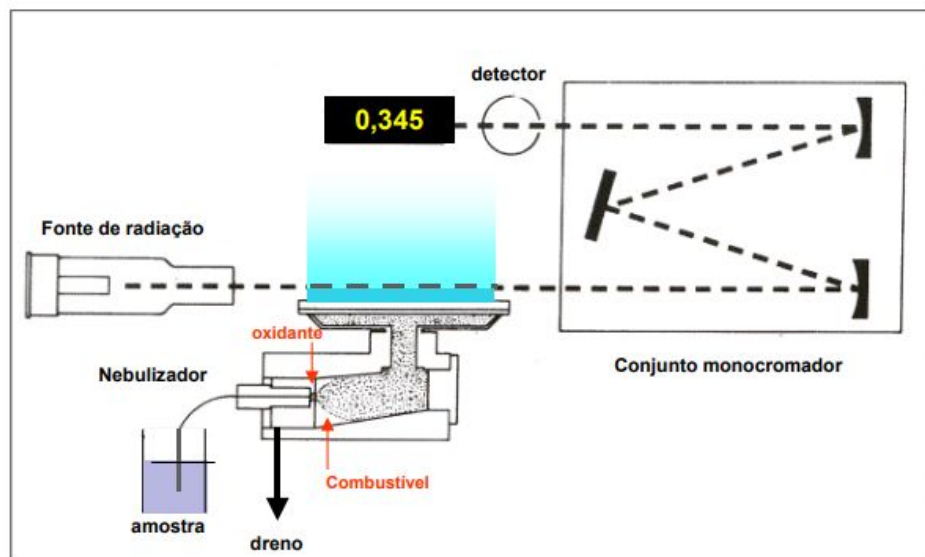


Figura 3: Esquema do espectrômetro de absorção atômica em chama.

Fonte: (KRUG; NÓBREGA; OLIVEIRA, 2004).

8 METODOLOGIA

A pesquisa vigente objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de um problema. A partir disto adotou-se como procedimento o “método hipotético dedutivo”, criado inicialmente por Karl Popper após suas críticas ao método indutivo. Este visa construir e testar uma possível resposta ou solução para um problema, podendo o método em questão também ser descrito da seguinte forma:

[...] o pesquisador procura fazer condições de um fato a ser estudado, para observá-lo sob controle. Para tal, ele se utiliza de local apropriado, aparelhos e instrumentos de precisão, a fim de demonstrar o modo ou as causas pelas quais um ;fato é produzido, proporcionando, assim, o estudo de suas causas e efeitos [...] (SOUZA, SANTOS e DIAS, 2013, p. 68).

8.1 Obtenção e tratamento da alga

A Figura abaixo mostra o fluxograma geral de trabalho para a obtenção e o tratamento da alga *Sargassum cymosum*, até a disposição da biomassa para o armazenamento e utilização como bioissorvente.

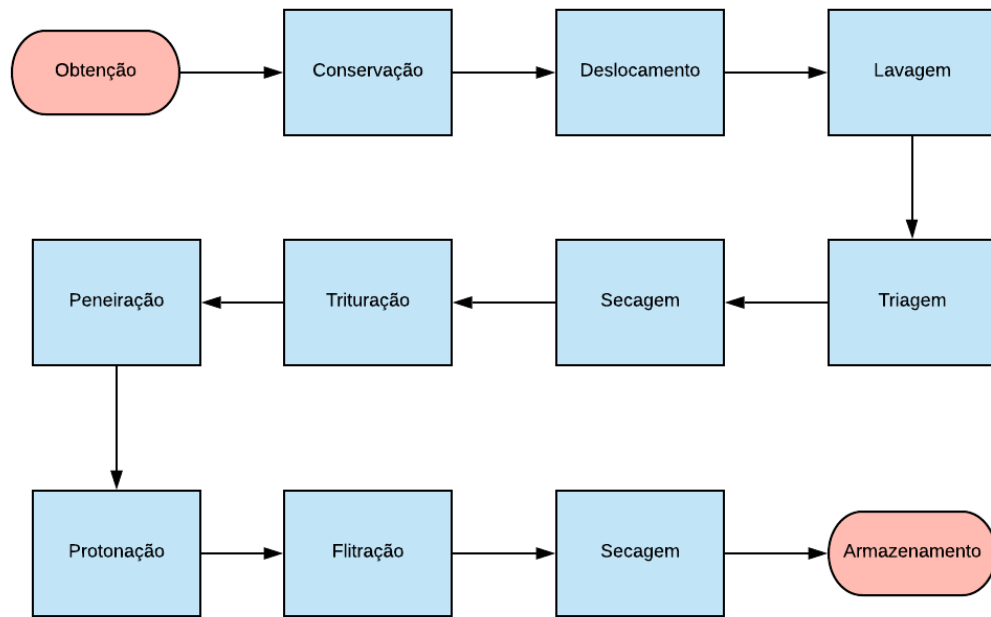


Figura 4: Fluxograma geral da obtenção e tratamento da alga.

Uma vez que as algas marinhas pardas são comumente encontradas em costões rochosos, a obtenção da alga *Sargassum cymosum* irá transcorrer-se nas praias de Penha e/ou Florianópolis, locais onde a quantificação da espécie já foi aferida pelo Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) em 2010, explicitando a presença de cerca de 31 espécies do filo Phaeophyceae (algas pardas).

A coleta da alga acontecerá entre os meses de fevereiro e março de 2019 e será realizada manualmente, sendo que a mesma será transferida da praia (de costões rochosos) para sacos plásticos resistentes (15L cada) contendo água do mar. Isso contará com o auxílio da professora Débora Tomazi Pereira, graduada em ciências biológicas. As algas serão transportadas em caixas térmicas até o Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) - Jaraguá do Sul (Centro), onde serão tratadas, sendo que o deslocamento até o local da coleta, bem como o retorno ao instituto será feito com o automóvel da própria instituição.

Uma vez no laboratório, as algas serão separadas e dispostas nas bancadas com a utilização de pinças, recebendo uma lavagem prévia com água deionizada com o intuito da remoção de epífitas que poderão estar associadas, para conseguinte lavagem mais minuciosa através do processo de triagem, método esse que irá ser empregado o uso de uma escova de dente macia. Posterior à esta etapa, as algas serão preparadas para a secagem em dois períodos, no qual o primeiro consiste em uma secagem prévia que perdurará por uma noite.

Neste processo irá utilizar-se panos de algodão onde as mesmas serão dispostas e cobertas. No segundo, as mesmas serão cortadas em tamanhos menores e levadas para a estufa em formas de alumínio, onde ficarão por mais 12 h a 60 °C (MOREIRA, 2007). Após este processo, as algas serão trituradas em um multiprocessador de alimentos convencional e depois peneiradas por meio de peneiras da série Tyler para se obter uma gramatura entre 0,1-0,8 mm.

Para que se possa atingir melhor eficácia na sorção do metal Cr^{6+} , será realizada a protonação, lavagem em meio ácido, da biomassa seca, como observado na tese de doutorado *Biossorção utilizando alga marinha (Sargassum sp.) aplicada em meio orgânico* de Albina da Silva Moreira. Esta protonação tem o propósito de eliminar metais leves como sódio (Na), cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg) que possam interferir no processo, competindo pelos sítios ativos nas estruturas da macroalga. Para isso, será utilizado 400 mL de $[\text{HCl}] = 0,06$ mol para 15 g de biomassa em um erlenmeyer com agitação orbital por 3 h à temperatura ambiente, (MOREIRA, 2007). Por fim, a biomassa será filtrada com pressão reduzida e lavada com 500 mL de água deionizada. Após isso, será seca em estufa por 3 h à 60 °C e resfriada em dessecador até a temperatura ambiente. Posterior a este processo será acondicionada em um recipiente hermético, com o intuito de impossibilitar o contato com o ar.

Ao final de todos estes processos, a biomassa será pulverizada utilizando-se o Grau (Chiarotti 305), sendo separada em fração granulométrica de 0,420 mm (35 a 60 mesh) por meio de peneiras da série Tyler.

8.2 Preparação das soluções e do material utilizado

Devido a impossibilidade do acesso ao próprio efluente residual dos laboratórios do câmpus, serão utilizadas soluções de cromo obtidas a partir da dissolução de cromato de potássio (K_2CrO_4) em água deionizada como no trabalho de Pina (2011) que irão simular o efluente.

Logo, serão preparados:

- 100 mL de solução de K_2CrO_4 com 10 mg.L^{-1} para os estudos de biossorção e estudo cinético;
- 100 mL de solução de K_2CrO_4 com 20 mg.L^{-1} para os estudos de biossorção e estudo cinético;

- Solução de NaOH 0,05 mol.L⁻¹ e solução de HNO₃ 0,05 mol.L⁻¹, para ajuste do pH.

8.3 Planejamento experimental da adsorção e estudo cinético.

Os experimentos de sorção serão feitos em duplicata e realizados em frascos erlenmeyer com volume 125 mL. Em dois dos frascos serão colocados 10 g enquanto outros dois receberão 20 g de biomassa seca em contato com 50 mL de soluções de K₂CrO₄ durante 12 horas, em um agitador orbital, disponível nos laboratórios de química do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul - Centro, a 140 rpm e banho maria de 60 °C. Para que seja possível um posterior estudo cinético da biossorção, bem como para a melhor eficácia da mesma, o pH será monitorado com papel indicador universal de 4 em 4 horas, objetivando manter seu valor em 4. Após este tempo de contato, a mistura será separada através da filtração com pressão reduzida utilizando membrana Millipore (diâmetro do poro = 0,45 µm).

Desejando-se averiguar o estudo cinético da adsorção do Cr⁶⁺ através das algas utilizadas, bem como apurar o potencial de adsorção do material biossorvente, é proposto um planejamento fatorial 2² que será tido através das seguintes variáveis quantitativas: quantidade de biomassa e concentração do Cr⁶⁺ na solução, conforme a Tabela 1 abaixo.

Experimento	[Cr ⁶⁺]	Massa
1	-	-
2	-	+
3	+	-
4	+	+

Tabela 1: Planejamento experimental da adsorção.

As situações que irão transcorrer-se mediante o estudo cinético serão dadas a partir de dois casos distintos; um que apresentará uma quantidade de biomassa correspondente a 10 g (-) e outro, a 20 g (+), e desta forma, para os dois casos, a avaliação será dada a partir das soluções de 10 mg.L⁻¹ (-) e 20 mg.L⁻¹ (+) de K₂CrO₄ preparadas anteriormente.

Uma vez que estabelecidos os parâmetros acima, a análise das amostras que conterão a solução com cromo serão dadas utilizando-se o espectrômetro de absorção atômica da instituição, PerkinElmer modelo AAnalyst 400. Para isto, o processo que irá seguir-se será a extração de três alíquotas da solução em um período de quatro em quatro horas, durante quatro dias seguidos com o intuito de calcular a velocidade de adsorção. Cada alíquota de 10 mL será filtrada e introduzida no equipamento, totalizando 50 mL no total.

8.4 Análise e discussão dos dados

Os dados do estudo de Cr^{+6} obtidos no instrumento analítico serão apresentados em gráficos em que o eixo x representará a concentração e o eixo y a absorbância. O planejamento experimental possibilitará discutir a concentração e a massa de alga, entre as utilizadas, que possui maior eficiência no processo de sorção.

9 CRONOGRAMA

Atividade	2019/1	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Aprofundamento teórico		X	X	X	X	
Obtenção e tratamento da alga		X	X			
Obtenção e preparação das amostras			X			
Realização dos testes de biossorção			X	X		
Tratamento de destinação de resíduos				X		
Determinação e discussão de resultados				X	X	
Preparação do relatório final					X	
Preparação do banner e da apresentação					X	

Apresentação do trabalho					X
--------------------------	--	--	--	--	---

REFERÊNCIAS

BARTLETT, R.J. **Chromium cycling in soils and water: Links, gaps, and methods.** Environmental Health Perspectives, v. 92 p. 17-24, 1991.

CHEIS, Daiana. **Os danos que o Cromo Hexavalente pode causar à saúde.** Revista TAE. 04 de dezembro de 2013. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/6928-noticias>>. Acesso em: 08 out. 2018.

COSSICH, Eneida Sala. **BIOSSORÇÃO DE CROMO(III) PELA BIOMASSA DA ALGA MARINHA SARGASSUM SP.** 2000. 139 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Sistemas de Processos Químicos e Informática, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/267646>>. Acesso em: 29 set. 2018.

DAWES, Chester L. **Electricidad Industrial.** 2. ed. Barcelona: Reverté, 1978. 972 p.

DERNER, R. B., S. OHSE, M. VILLELA, S. M. de CARVALHO e R. FETT. Microalgas, produtos e aplicações. **Ciência Rural**, n. 36, v. 6. p. 1959 -1967, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782006000600050&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 14 out. 2018.

FARINAS, Cristiane Sanchez. **A parede celular vegetal e as enzimas envolvidas na sua degradação.** 54. ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. 13 p. (Documentos). ISSN: 1518-7179. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/919344/1/DOC542011.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

GUEDES, Josiel de Alencar; LIMA, Raquel Franco de Souza; SOUZA, Laécio Cunha de. Metais pesados em água do rio Jundiá - Macaíba/RN. **Revista de Geologia.** Rio Grande do Norte, vol. 18, nº 2, 131-142, 31 de mar. 2005.

KRUG, Francisco José; NÓBREGA, Joaquim Araújo; OLIVEIRA, Pedro Vitoriano de. **Espectrometria de Absorção Atômica:** Parte 1. Fundamentos e atomização com chama. [São Paulo]: 2004. 39 p. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/baccan/files/2011/05/AAS-geral-parte-1-revisada.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

MARINO, Blanca Roig. **Evaluación de las tecnologías de tratamiento de aguas subterráneas contaminadas con Cromo.** 2006. 14 p. Disponível em: <<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3153/54347-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 18 nov. 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portaria n. 2914, de 12 de dezembro de 2011.

MONTONE, Rosalinda Carmela. **Bioacumulação e Biomagnificação**. [2015]. Disponível em:

<<http://www.io.usp.br/index.php/oceanos/textos/antartida/31-portugues/publicacoes/series-divulgacao/poluicao/811-bioacumulacao-e-biomagnificacao>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzani. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, p.370-374, jun. 2002. Disponível em:

<<https://www.scielo.org/pdf/rsp/2002.v36n3/370-374/pt>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

MOREIRA, Albina da Silva. **BIOSSORÇÃO UTILIZANDO ALGA MARINHA (SARGASSUM sp.) APLICADA EM MEIO ORGÂNICO**. 2007. 103 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007. Disponível em:

<http://www.nupeg.ufrn.br/documentos_finais/teses_de_doutorado/teses/albina.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.

MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas; OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino. **Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente**.

Ciências da Saúde, v. 4, n. 1 / 2, p. 83-100, 2006. Disponível em: <<https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/cienciasaude/article/view/24/40>>. Acesso em: 15 out. 2018.

MURALEEDHARAN, T. R., IYENGAR, L., VENKOBACHAR, C. Biosorption: an attractive alternative for metal removal and recovery. **Current Science**, n. 61, n. 6, p. 379-385, 1991. Disponível em:

<<http://www.currentscience.ac.in/php/toc.php?vol=061&issue=06>>. Acesso em: 29 set. 2018.

OLIVEIRA, Robson Caldas de. **Biossorção de terras-raras por Sargassum sp.: estudos preliminares sobre as interações metal-biomassa e a potencial aplicação do processo para a concentração, recuperação e separação de metais de alto valor agregado em colunas empacotadas**. 2011. 188f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, Araraquara, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/100743/oliveira_rc_dr_araiq.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 set. 2018.

PINA, Frederico Duarte de Souza. **Tratamento de águas contaminadas com crômio(VI) por biossorção em algas marinhas**. Julho de 2011. 51p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61695/1/000149215.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2018.

SOUZA, Girlene Santos de; SANTOS, Anacleto Ranulfo dos; DIAS, Viviane Borges. **Metodologia da pesquisa científica: a construção do conhecimento e do pensamento científico no processo de aprendizagem**. Porto Alegre: Animal, 2013. 164 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/Metodologia_da_pesquisa_cient%C3%ADfica_a_c_o.html?hl=pt-BR&id=fba8AQAQBAJ&redir_esc=y>. Acesso em: 18 nov. 2018.

TEDESCO, Cristiane. **REMOÇÃO DE CROMO VI PELA MICROALGA *Spirulina platensis***. 2010. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422013000800011>. Acesso em: 29 set. 2018.

VIDOTTI, Eliane Cristina; ROLLEMBERG, Maria do Carmo E.. **ALGAS: DA ECONOMIA NOS AMBIENTES AQUÁTICOS À BIOREMEDIAÇÃO E À QUÍMICA ANALÍTICA**. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 27, n. 1, p.139-145, fev. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422004000100024>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422004000100024&script=sci_abstract&tlng=es>. Acesso em: 30 set. 2018.