

Procedimentos analíticos em perícia ambiental: métodos eletroquímicos

Dispondo-se de uma amostra apropriada, é necessário dedicar atenção à técnica, ou às técnicas, mais convenientes de serem empregadas para as determinações requeridas. Uma das decisões principais, a ser tomada pelo analista, é a da escolha do procedimento mais eficiente de uma dada análise; para chegar à decisão correta, o analista deve ter familiaridade com os detalhes práticos das diversas técnicas e com os princípios teóricos sobre os quais se baseiam: deve também ter o conhecimento das condições em que cada método é confiável e a consciência das interferências possíveis que podem ocorrer e ser capaz de imaginar caminhos para evitar estes problemas.

Palavras-chave: Métodos Eletroquímicos; Perícia Ambiental; Análise.

Analytical procedures in environmental expertise: electrochemical methods

With an appropriate sample, it is necessary to devote attention to the technique, or techniques, more convenient to be employed for the required determinations. One of the main decisions, to be taken by the analyst, is the choice of the most efficient procedure of a given analysis; to reach the correct decision, the analyst must be familiar with the practical details of the techniques and the theoretical principles on which they are based: should also be aware of the conditions under which each method is reliable and awareness of the possible interferences that may occur and be able to imagine ways to avoid these problems.

Keywords: Electrochemical Methods; Environmental Expertise; Analysis.


Topic: **Biotecnologia**


Received: **12/08/2020**


Approved: **15/12/2020**


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Cleber Vinicius Vitorio da Silva 
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4275890458575782>
<http://orcid.org/0000-0001-8337-9615>
clebervitorio88@gmail.com

Josimar Ribeiro de Almeida 
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3215586187698472>
<http://orcid.org/0000-0001-5993-0665>
almeida@poli.ufri.br

Lais Alencar de Aguiar 
Comissão Nacional de Energia Nuclear, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/578550033245448>
<http://orcid.org/0000-0002-1551-4085>
aguiar.lais@gmail.com

Pauli Adriano de Almada Garcia 
Universidade Federal Fluminense, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3866888351512590>
<http://orcid.org/0000-0002-3934-4332>
pauliadriano@gmail.com

Raphael do Couto Pereira 
Escola Naval, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2232319377341816>
<http://orcid.org/0000-0002-3934-4332>
rcoutopereira1@gmail.com

Vanessa da Silva Garcia 
Universidade Federal Fluminense, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2206038698250045>
<http://orcid.org/0000-0002-7841-8410>
vanessa.sgarcia@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2674-6441.2020.002.0002

Referencing this:

SILVA, C. V. V.; ALMEIDA, J. R.; AGUIAR, L. A.; GARCIA, P. A. A.; PEREIRA, R. C. C.; GARCIA, V. S.. Procedimentos analíticos em perícia ambiental: métodos eletroquímicos. *Naturae*, v.2, n.2, p.6-13, 2020.
DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6441.2020.002.0002>

INTRODUÇÃO

O analista deverá ter atenção às questões relativas à exatidão e à precisão esperável dos métodos dados e, além disso, não deve desprezar fatores como tempo e custo. O método mais exato para certa determinação pode ser muito demorado ou envolver o uso de reagentes caros. Por tal motivo, o apropriado é avaliar que exatidão se faz necessária. Em muitos casos, é possível escolher um método que, embora menos exato, proporcione, num tempo razoável, resultados satisfatórios.

RELATO

Apesar das vantagens diversificadas dos métodos instrumentais, a sua generalizada adoção não tornou obsoletos os métodos clássicos (ALMEIDA et al., 2019); três fatores principais influenciam a situação: A aparelhagem necessária para os procedimentos clássicos é barata e encontra-se com facilidade em todos os laboratórios; muitos instrumentos, no entanto são Instrumentação em Ciência Forense 11 caros e a sua adoção só se justifica quando são muitas as amostras a analisar, ou quando se trata da determinação de substâncias em quantidades diminutas (análise de traços, subtrações ou ultratraços). Nos métodos instrumentais é necessário efetuar uma operação de calibração, em que se usa amostra do material com a composição conhecida como a substância de referência. Enquanto um método instrumental é o ideal para a execução de um grande número de determinações de rotina, no caso de uma análise episódica, fora da rotina, é muitas vezes mais simples usar um método clássico do que ter o trabalho de preparar os padrões indispensáveis e calibrar o instrumento (ALMEIDA et al., 2019).

DISCUSSÃO

Importante destacar que as pesquisas orientadas pelo método dialético revelam a historicidade do fenômeno e suas relações, em nível mais amplo, situam o problema dentro de um contexto complexo, ao mesmo tempo, estabelece e aponta as contradições possíveis dentre os fenômenos investigados (ABREU et al., 2006). A investigação qualitativa é alicerçada na inseparabilidade dos fenômenos e seu contexto, pois, as opiniões, percepções e significados serão compreendidos com maior profundidade a partir da contextualização. A validade seria referente à semelhança entre o conceito e suas medidas, ao grau em que uma medida representa precisamente o que se espera (TANCREDI et al., 2012). A garantia da validade começaria com a compreensão direta do que deve ser medido, sendo, portanto, uma questão de formulação da pesquisa. O método proposto foi dividido em três fases, as quais foram subdivididas em etapas para a realização do levantamento bibliográfico. Na primeira fase da pesquisa (Fase 1: Perguntas de pesquisa) verifica-se as principais decisões e definições acerca da pesquisa. As perguntas de pesquisa, ficam em destaque e servem como impulsos para o início da revisão. Define-se o tema para realizar o levantamento bibliográfico e o período disponível.

Outras decisões são tomadas simultaneamente. Tais como a definição das palavras-chave, para atuarem como identificadores. Paralelamente, resumem os principais assuntos sobre o tema a se pesquisar;

assim como as combinações das palavras-chave. Essas, por sua vez, podem ser feitas por meio da utilização dos operadores booleanos e em diferentes bases de dados tais como Portal de Periódicos CAPES, Base de dados SCIELO, *Publish or Perish*, EBSCO, entre outras. No presente caso, as bases de dados foram *Web of Science* (ou ISI), Plataforma SUSTENERE, Scielo e Scopus. Essas bases possuem fácil acesso, permitindo, por meio de suas ferramentas, uma pesquisa criteriosa seja realizada, abrangendo uma vasta quantidade de periódicos. A segunda fase (Fase 2: Seleção dos artigos) inicia o levantamento e a seleção dos artigos, utilizando-se dos critérios de exclusão. Utiliza-se das palavras-chave de exclusão para realizar classificação mais criteriosa dos artigos. Delimitando também o período. Na etapa seguinte ocorre o primeiro filtro dos artigos, faz-se uma seleção a partir dos títulos, identificando os não alinhados. Na próxima etapa se faz a leitura dos resumos para excluir os impertinentes ao tema pesquisado. A etapa seguinte contém uma análise subjetiva do pesquisador para identificar, nos artigos alinhados ao tema, aqueles que possuem maior relevância acadêmica. Uma análise bibliométrica indica a relevância do autor/artigo para a composição do referencial bibliográfico. A Fase 3 corresponde a Classificação dos artigos selecionados. Procede-se a organização das amostras de artigos selecionados. O objetivo é ordenar, um padrão que vai variar de acordo com a necessidade do pesquisador e a prioriza como foco para desenvolvimento temático. Evidencia-se a importância da análise minuciosa dos artigos que compõem a amostra. Em pesquisas qualitativas, a concepção de validade assume formas distintas, pois a discussão sobre escalas de medição não se aplica a métodos qualitativos, sendo necessária a compreensão da validade em outra perspectiva. Um atributo que se relaciona com a objetividade, com a possibilidade de repetição do experimento, com o fato de a pesquisa estar aberta à verificação por outras pessoas e com a capacidade de generalização (ALMEIDA et al., 2013). A validade pode ser vista genericamente como a correspondência entre a pesquisa e a realidade (SILVA et al., 2012). Ela se refere à verificação dos resultados como verdadeiros e confiáveis. Ela estaria relacionada ao fato de os resultados refletirem com precisão a situação analisada e serem confiáveis, no sentido de que não haveria razões para deles duvidar; ou seja, a pesquisa é válida se as evidências fornecem o apoio necessário às suas conclusões (SOUZA et al., 2011). A intenção não é generalizar, mas sim descrever, analisar, buscar compreender.

Potenciometria, quando um metal M está imerso numa solução que contém os seus próprios íons Mn^+ , instala-se um potencial de eletrodo, cujo valor é dado pela equação de Nernst $[E = E^\ominus + (RT / nF) \ln aM^{n+1}]$, onde E^\ominus é uma constante, o potencial padrão do eletrodo do metal. O potencial E pode ser medido pela combinação do eletrodo com outro, denominado o eletrodo de referência, e pela determinação da força eletromotriz (f.e.m.) da pilha que se forma. Portanto, sabendo-se o potencial E_r do eletrodo de referência, podemos deduzir o valor do potencial do eletrodo E , e se o potencial padrão do eletrodo E^\ominus for conhecido, podemos então calcular a atividade do íon metálico aM^{n+1} na solução. Procedimento, que usa uma única medida do potencial do eletrodo para determinar a concentração de uma espécie iônica em solução, é conhecido como a potenciometria direta. O eletrodo cujo potencial depende da concentração do íon a ser determinado é o eletrodo indicador. Se, o íon a ser determinado está diretamente envolvido na reação eletroquímica, diremos que se trata de um 'eletrodo de primeira espécie'. É também possível medir, pela

potenciometria direta, em casos apropriados, a concentração de um íon que não está diretamente envolvido na reação do eletrodo. Nestes casos se usa um 'eletrodo de segunda espécie', de que é exemplo o eletrodo de prata-cloreto de prata, formado pelo reconhecimento de um fio de prata por cloreto de prata.

Voltametria estuda as relações entre a voltagem, a corrente e o tempo, durante a eletrólise numa célula. A técnica envolve comumente o estudo da influência das variações da voltagem aplicada sobre a corrente que passa pela célula; em alguns casos, investiga-se a variação da corrente com o tempo. Normalmente o procedimento envolve o uso de uma célula com três eletrodos: (1) um eletrodo de trabalho, no qual ocorre a eletrólise que se está investigando; (2) um eletrodo de referência, que é usado para medir o potencial do eletrodo de trabalho; e (3) um eletrodo auxiliar que, juntamente com o eletrodo de trabalho, permite a passagem da corrente da eletrólise. Em algumas circunstâncias, o eletrodo de trabalho pode ser um eletrodo gotejante de mercúrio (E.G.M.) e o eletrodo auxiliar, um poço de mercúrio no fundo da célula; esta técnica especial é a polarografia. As técnicas que se incluem na classificação geral de voltametria são: (a) polarografia (corrente contínua e corrente alternada); (b) voltametria extrativa anódica; (c) cronopotenciometria. A amperometria refere-se à medição da corrente em condições de voltagem aplicada constante; nestas circunstâncias, a grandeza da corrente elétrica é determinada pela concentração da substância analisada. Estas medições podem ser usadas para o acompanhamento da variação da concentração de um dado íon durante a titulação e para a fixação do ponto final; este procedimento é a titulação amperométrica.

Polarografia, quando se aplica uma voltagem uniformemente crescente a uma célula que tem um anodo relativamente grande, de mercúrio quiescente, e um diminuto catodo de mercúrio (constituído por uma sucessão de gotículas de mercúrio que caem lentamente de um delgado tubo capilar), é possível frequentemente construir uma curva reprodutível da corrente contra a voltagem. O eletrólito é uma solução diluída do material que estiver sendo examinado (que deve ser eletroativo), num meio apropriado que contém um excesso de eletrólito inerte (o eletrólito suporte), que será o portador do grosso da corrente e proporciona aumento da condutividade da solução; desta forma assegura-se que o material a ser determinado, se tiver carga elétrica, não migre para o catodo gotejante de mercúrio. Pelo exame da curva da corrente contra a voltagem, pode-se conseguir informação sobre a natureza e a concentração do material. Um aparelho no qual a voltagem aplicada aumenta a uma taxa constante e simultaneamente faz o registro fotográfico da curva da corrente contra a voltagem. Uma vez que as curvas conseguidas por este instrumento são uma representação gráfica da polarização do eletrodo gotejante, o aparelho foi denominado polarógrafo, e os registros obtidos com ele são os polarogramas; o registrador fotográfico original está substituído por um registrador gráfico e, em algumas circunstâncias, por um osciloscópio. A polarografia convencional está limitada, no melhor dos casos, a soluções com eletrólitos com as concentrações maiores que $10^{-5}M$, e dois íons diferentes só podem ser investigados quando os respectivos potenciais de meia-onda diferirem por pelo menos $0,2V$. Estas limitações se devem, em grande parte, à corrente de condensador associada com o carregamento elétrico de cada gota de mercúrio, à medida que ela se forma; para superar este problema, imaginaram-se vários procedimentos, que incluem:

(a) polarografia de pulsos; (b) polarografia de varredura rápida; (c) polarografia de corrente alternada senoidal; (d) análise extrativa. Estes procedimentos modificados envolvem o uso de polarógrafos de construção especial: (a) **Inorgânicas**, muitos ânions, cátions e algumas moléculas, inorgânicos, podem ser determinados polarograficamente. As ondas de redução catódica são particularmente valiosas para a determinação de cátions de metais de transição. O método polarográfico aplica-se à determinação de ânions como o bromato, o iodato, o dicromato, o vanadato etc. Os íons hidrogênio estão envolvidos em muitos destes processos de redução e o eletrólito suporte deve, por isso, ser adequadamente tamponado. As aplicações típicas no campo inorgânico são as análises de minerais, de metais (inclusive de ligas), de fertilizantes, de águas naturais de efluentes industriais e de atmosferas poluídas. A técnica também pode ser usada para estabelecer as fórmulas de vários complexos. (b) **Orgânicas**, muitos grupos funcionais orgânicos sofrem redução ou oxidação num eletrodo gotejante e prestam-se, por isso, a determinações polarográficas. Em geral, as reações dos compostos orgânicos no eletrodo gotejante são mais lentas e frequentemente mais complicadas que as reações dos íons inorgânicos, não obstante, as investigações polarográficas podem ser úteis para a determinação da estrutura e para análise qualitativa e quantitativa. Embora alguns compostos orgânicos possam ser investigados em solução aquosa, é frequentemente necessário acrescentar um solvente orgânico a fim de a solubilidade ser maior; os solventes apropriados, miscíveis com a água, incluem o etanol, o metanol, o 1,2-etanodiol, a dioxana, a acetonitrila e o ácido acético (etanóico). Em alguns casos é necessário usar um solvente puramente orgânico, e empregam-se então reagentes anidros, como o ácido acético, a formamida e a dietilamina; os eletrólitos suporte nestes solventes incluem o perclorato de lítio e os sais de tetralquilamônio R₄NX (R = etil ou butil; X = iodeto ou perclorato). Pode-se esperar que os seguintes grupos funcionais reajam no eletrodo gotejante. C=C quando conjugada com outra ligação dupla ou com um anel aromático; C=C quando conjugada com um anel aromático; C__X (X = halogênio), com algumas exceções; C=O (aldeídos, cetonas, quinonas); OOH os ácidos monocarboxílicos simples não reagem, mas os ácidos dicarboxílicos com os grupos carboxílicos conjugados um com o outro reagem; C=N; Grupos nitro, nitroso e azo; Heterociclos com dois ou mais átomos de nitrogênio no anel; C=S; S__S, S__H (os mercáptans dão uma onda anódica). Os métodos polarográficos podem ser usados para examinar alimentos e produtos alimentícios; materiais biológicos; herbicidas, inseticidas e pesticidas; petróleo e produtos do petróleo; fármacos. O exame de amostras de sangue e de urina se faz frequentemente para verificar a presença de drogas e obterem-se resultados quantitativos. Os detectores polarográficos são usados no acompanhamento dos efluentes de colunas cromatográficas, inclusive na cromatografia líquida de alta eficiência. Quando não se dispõe de informação sobre o comportamento polarográfico de uma substância, é necessário levar em conta que, além da onda polarográfica normalmente associada à redução e à difusão das espécies investigadas, podem atuar outros fatores que influenciam a corrente observada.

Condutimetria deve ser usada com cautela, pois qualquer espécie com carga elétrica, presente numa solução, contribuirá para a condutância total. As medições condutimétricas também podem ser usadas para determinar o ponto final de muitas titulações, mas o uso está limitado a sistemas relativamente simples, nos quais não há quantidade excessiva de reagentes presentes. Assim, muitas titulações de oxidação, que exigem

a presença de quantidades relativamente grandes de ácidos, não são apropriadas para a titulação condutimétrica. As titulações condutimétricas foram superadas, em grande medida, pelos procedimentos potenciométricos, mas há ocasiões em que o método condutimétrico pode ser vantajoso. A monitoração condutimétrica de rios e de lagos é usada para controlar a poluição e, na oceanografia, as medições condutimétricas são efetuadas para determinar a salinidade das águas. Nestas medições é possível, frequentemente, ajustar o medidor de modo a eliminar o efeito de correntes elétricas de fundo, e assim as leituras da condutividade indicam, diretamente, o nível de poluição (ou de salinidade). O medidor é calibrado contra soluções de concentração conhecida de eletrólito apropriado; o cloreto de sódio, por exemplo, nas medições de salinidade. A adição de um eletrólito a uma solução de outro eletrólito, em condições que não provoquem apreciável alteração do volume, afetará a condutância da solução conforme possam ocorrer, ou não, reações iônicas. Quando não ocorrer reação iônica, como na adição de um sal simples a outro, a condutância será, simplesmente, aumentada. Se ocorrer reação iônica, a condutância pode ou crescer ou decrescer; assim, na adição de uma base a um ácido forte, a condutância diminui em virtude da substituição dos íons hidrogênio, que têm condutividade elevada, por um outro cátion, de menor condutividade. Este é o princípio básico das titulações condutimétricas, ou seja, a substituição de íons, que têm certa condutividade, por outros íons, com outra condutividade.

Coulometria é uma aplicação da Primeira Lei de Faraday, da eletrólise, que pode ser expressa na forma: o avanço de uma reação num eletrodo é diretamente proporcional à quantidade de eletricidade (carga elétrica) que passa pelo eletrodo. Para cada mol de alteração química num eletrodo são necessários $96487 \times n$ coulombs, isto é, a constante de Faraday multiplicada pelo número de elétrons envolvidos na reação eletroquímica. Existem duas técnicas coulométricas distintamente diferentes: (1) a análise coulométrica com o potencial do eletrodo de trabalho controlado e (2) a análise coulométrica com a corrente constante. No primeiro método, a substância determinada reage com eficiência de corrente de 100% no eletrodo de trabalho, cujo potencial é controlado. O completamento da reação é indicado pela diminuição da corrente até praticamente zero, e a quantidade de substância consumida se obtém ou pela leitura de um coulômetro em série com a célula da eletrólise, ou mediante um dispositivo integrador da corrente contra o tempo. No método (2), faz-se a eletrólise de uma solução da substância a ser determinada mantendo-se a corrente constante, até o término da reação (que se detecta por uma característica perceptível da solução ou mediante métodos amperométricos, potenciométricos ou espedrofotométricos), e abre-se então o circuito. A quantidade total de eletricidade que circulou é calculada pelo produto da corrente (em amperes) pelo tempo (em segundos); na prática dos dias de hoje, incorpora-se um integrador eletrônico ao circuito. A coulometria a potencial controlado só é aplicável a um número limitado de substâncias que sofrem reação quantitativa num eletrodo durante a eletrólise. Com a coulometria a corrente constante ou controlada, o domínio de substâncias que podem ser determinadas pode ser consideravelmente ampliado e incluir muitas que não reagem quantitativamente num eletrodo. A eletrólise a corrente constante é empregada para gerar um reagente que reage estequiometricamente com a substância a ser determinada. A quantidade de substância que reage é calculada mediante a Lei de Faraday, e a quantidade de carga elétrica que circula pode ser

calculada pela simples cronometragem da eletrólise. Uma vez que a corrente pode ser fixada num intervalo que vai de 0,1 a 100mA, por exemplo, é possível determinar quantidades de material que correspondem a 1×10^{-9} até 1×10^{-6} moles por segundo do tempo da eletrólise. Na análise titrimétrica, o reagente é adicionado mediante uma bureta; nas titulações coulométricas o reagente é gerado eletricamente e a sua quantidade é calculada pelo conhecimento da corrente e do tempo de geração. O elétron se torna o reagente padrão. No que se refere a muitos aspectos, por exemplo, percepção dos pontos finais, o procedimento difere muito pouco das titulações ordinárias. As exigências fundamentais de uma titulação coulométrica são: (1) A reação eletródica que gera o reagente deve ter eficiência de 100% e (2) o reagente gerado deve reagir estequiometricamente com a substância titulada, preferivelmente com rapidez. O reagente pode ser gerado diretamente no seio da solução-problema, ou, menos frequentemente, pode ser gerado numa solução externa que afluí continuamente na solução-problema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude da facilidade com que se mede, com alto grau de exatidão, pequena quantidade de eletricidade, o método tem uma elevada sensibilidade. A titrimetria coulométrica tem diversas vantagens importantes: 1. Não se precisa de soluções padrões e, no lugar destas, o coulomb se torna padrão primário de trabalho; 2. Podem ser usados reagentes instáveis, como o bromo, o cloro, o íon prata (Ag^{2+}) e o íon titânio (III), pois são gerados e imediatamente consumidos; não há perdas de estocagem nem alterações do título; 3. Podem ser geradas, quando necessárias, quantidades muito pequenas de titulantes. Com isto ficam eliminadas as dificuldades pertinentes à padronização e à estocagem de soluções diluídas, e o procedimento se adapta idealmente para o uso em escala micro ou semimicro; 4. Não há diluição da solução-amostra no procedimento de geração interna; 5. Podem ser conseguidos resultados mais exatos pela pré-titulação da solução geradora antes da adição da amostra. Desta forma, será minimizado o efeito de impurezas na solução geradora; 6. É fácil adaptar o método (que tem uma essência principalmente elétrica) a controle remoto. Esta possibilidade é importante na titulação de materiais radioativos ou perigosos. Também pode ser adaptado ao controle automático, em virtude da relativa facilidade do controle automático da corrente elétrica. Existem diversos métodos para a detecção dos pontos finais nas titulações coulométricas. São os seguintes.

(a) Indicadores químicos, que não podem ser eletroativos. Os exemplos incluem o metilorange para o bromo, o amido para o iodo, a diclorofluoresceína para o cloreto e a eosina para o brometo e o iodeto;

(b) Observações potenciométricas. A geração eletrolítica avança até que a f.e.m. de um eletrodo de referência contra um eletrodo indicador, colocados na solução-problema, atinja um valor predeterminado, correspondente ao ponto de equivalência;

(c) Procedimentos amperométricos. São baseados no estabelecimento de condições em que ou a substância que está sendo determinada, ou (como é mais usual) o titulante, sofre uma reação no eletrodo indicador, o que provoca uma corrente proporcional à concentração da substância eletroativa. Mantendo-se o potencial do eletrodo indicador constante, ou quase constante, o ponto final pode ser determinado pela modificação da corrente elétrica durante a determinação;

(d) Método biamperométrico (com eletrodo polarizado);

(e) Observações espectrofotométricas. A célula de titulação é uma cubeta de um espectrofotômetro (com 2 cm de espessura para a luz). O agitador de hélice de vidro, operado mecanicamente, e o eletrodo de trabalho de platina são localizados na célula e ficam fora da trajetória dos raios luminosos. O eletrodo auxiliar é um eletrodo de platina em ácido sulfúrico diluído, colocado numa outra cubeta - também localizada no porta-cubetas do instrumento - e acoplado à célula de titulação por uma ponte de sal num tubo em U invertido. Escolhe-se o comprimento de onda apropriado. Antes do ponto final, a absorvância varia muito lentamente, mas, além do ponto de equivalência, a resposta cresce linear e rapidamente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E.; SILVA, C. V. V.; AGUIAR, L. A.; GARCIA, V. S.; SOUZA, C. P.; LENZ, E. R. S.; LINS, G. A.; ALMEIDA, S. M. Multifatorialidade em saúde ambiental.

Environmental Scientiae, v. 1, p. 26-47, 2019. DOI:

<https://doi.org/10.6008/CBPC2674-6492.2019.002.0002>

ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E.; SILVA, C. V. V.; AGUIAR, L. A.; GARCIA, V. S.; SOUZA, C. P.; LENZ, E. R. S.; LINS, G. A.; ALMEIDA, S. M.. Política e economia de vigilância em saúde ambiental. *Environmental Scientiae*, v.1, p.1-25, 2019. DOI:

<https://doi.org/10.6008/CBPC2674-6492.2019.002.0001>

TANCREDI, N. S. H.; ALMEIDA, J. R.; LINS, G. A.; GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O.. Uso de geotecnologias em laudos periciais ambientais: estudo de caso no município de Jacundá, Pará. *Revista Geografar*, v. 7, p. 9-12, 2012. DOI:

<http://dx.doi.org/10.5380/geografar.v7i1.21252>

SOUZA, F. M. N.; SILVA, C. E.; AGUIAR, L. A.; ALMEIDA, J.R.. Proposta para utilização da simulação computacional em análise de risco, avaliação de desempenho e sistemas de gestão ambiental. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 2, p. 39-63, 2011. DOI:

<https://doi.org/10.6008/ESS2179-6858.2011.002.0003>

ARAÚJO, G. H. S.; AGUIAR, L. A.; ALMEIDA, J. R.; SOARES, P. S. M.; TRINDADE, R. B. E.. **Seleção de Indicadores de estado e avaliação de sensibilidade dos sistemas naturais às ações antrópicas**. *Série Gestão e Planejamento Ambiental*, v.1, p.1-26, 2005.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da *Sapientiae Publishing*, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.