

## ***Procedimentos analíticos em perícia ambiental: métodos instrumentais***

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.

**Palavras-chave:** Perícia ambiental; Métodos instrumentais; Procedimentos.

## ***Analytical procedures in environmental expertise: instrumental methods***

The most accurate method for certain determination can be very time-consuming or involve the use of expensive reagents. For this reason, it is appropriate to assess what accuracy is necessary. In many cases, it is possible to choose a method that, although less accurate, provides satisfactory results in a reasonable time.


**Keywords:** Environmental expertise; Instrumental methods; Procedures.


Topic: **Notas Científicas**


Received: **15/07/2020**


Approved: **20/10/2020**


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](mailto:clebervitorio88@gmail.com)


**Evandro Lima**   
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7057930279111732>  
<http://orcid.org/0000-0003-4213-9652>  
[evandrolimaabpg@uol.com.br](mailto:evandrolimaabpg@uol.com.br)

**Gustavo Aveiro Lins**   
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5173989372426437>  
<http://orcid.org/0000-0002-0244-6925>  
[gustavoaveiro@gmail.com](mailto:gustavoaveiro@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.ufrj.br](mailto:almeida@poli.ufrj.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](mailto: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](mailto:pauliadriano@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](mailto:vanessa.sgarcia@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2674-6492.2020.002.0005

### **Referencing this:**

SILVA, C. V. V.; LIMA, E.; LINS, G. A.; ALMEIDA, J. R.; AGUIAR, L. A.; GARCIA, P. A. A.; GARCIA, V. S.. Procedimentos analíticos em perícia ambiental: métodos instrumentais. **Environmental Scientiae**, v.2, n.2, p.46-53, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6492.2020.002.0005>

## **INTRODUÇÃO**

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 (ALMEIDA et al., 2019). O analista também terá atenção às questões relativas à exatidão e à precisão esperável dos métodos dados e, além disso, não deve desprezar fatores como tempo e custo.

## **RELATO**

Apesar das vantagens diversificadas dos métodos instrumentais, a sua generalizada adoção não tornou obsoletos os métodos clássicos; 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 ultra traços) (ALMEIDA et al., 2013). 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 muitas 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.

## **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. 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. 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.

## **Polarimetria**

Várias substâncias transparentes que são características por uma falta de simetria em sua estrutura molecular ou cristalina e apresentam a propriedade de girar o plano da luz polarizada. Essas substâncias são chamadas opticamente ativas. Provavelmente os exemplos mais familiares são quartzo e açúcares, mas muitos outros compostos orgânicos e inorgânicos também apresentam essa propriedade. A extensão em que o plano gira varia grandemente de um composto ativo para outro. Diz-se que a rotação é dextro-(+), se tiver sentido horário para um observador que olha em direção à fonte de luz elevo(-), se for anti-horária. Para

qualquer composto dado, a extensão da rotação depende do número de moléculas no caminho da radiação ou, no caso das soluções, da concentração e do comprimento do recipiente. Também depende do comprimento de onda da radiação e da temperatura. A rotação específica, representada pelo símbolo  $[\alpha]_t$ , é definida pela fórmula  $[\alpha]_t = \alpha/dc$  onde  $\alpha$  é o ângulo (medido em graus) de giro do plano de luz polarizada por uma solução de concentração  $c$  gramas de soluto por mililitro de solução quando contida em uma cela de decímetros de comprimento. O comprimento de onda é geralmente determinado a 5,893 Å, a linha D de uma lâmpada de vapor de sódio. O instrumento mais comum nesse campo é o polarímetro. A radiação monocromática de uma lâmpada de sódio é tomada paralela por um colimador e polarizada por um prisma de calcita. Em seguida ao polarizador, há uma pequena calcita auxiliar arranjada para interceptar metade do feixe. A radiação então passa através da amostra que está contida em um tubo de vidro de comprimento conhecido fechado em ambas as extremidades por placas de vidro claras, depois através do analisador e vai à ocular para observação visual. Nesta técnica a amostra opticamente ativa, colocada no polarímetro, é atravessada por um feixe luminoso e os pulsos de luz polarizada, à direita ou à esquerda, atingem o detector. Representam exemplos de aplicações da polarimetria, medidas das concentrações de produtos opticamente ativos: propriedades ópticas e físicas de líquidos, cristais e gases; pesquisa bioquímica envolvendo enzimas, esteroides, alcaloides e várias outras amostras opticamente ativas

### **Análise por Absorção de Raios X**

A absorção de raios X é de maior valor como instrumento analítico quando o elemento a ser determinado é o único componente pesado em uma substância de massa atômica baixa. Um número de análises importantes pertence a essa categoria e torna o método importante para fins de controle industrial. Outro método de aplicação da absorção de raios X usa os picos de absorção críticos como meios de identificação e análise quantitativa. Como a absorção de um elemento em uma amostra é acentuadamente maior a um comprimento de onda logo acima de um de seus picos de absorção do que exatamente abaixo dele e como a posição desses picos na escala de comprimento de onda é característica dos elementos absorventes, a determinação de um par de medidas de absorção enquadrando ao comprimento de onda do pico servirá para determinar tanto a presença quanto a quantidade do elemento pesquisado. A difração de raios X permite realizar ensaios não destrutivos da amostra, precisas e rápidas, e fornece muitos meios para determinar a estrutura cristalina, assim como a transformação do material. Irradiando a amostra com raios X, poder-se-á obter um diagrama refletindo sua estrutura cristalina ou sobre um filme fotográfico ou no registrador pelo método de contagem. Considerando que o diagrama de difração é característico de cada substância, fornece informações de grande utilidade sobre a estrutura cristalina da amostra. A Espectrometria de Fluorescência de Raios X mede a radiação fluorescente que é produzida por radiação de raios X sobre a amostra. Esta radiação provoca mudança no nível de energia dos elétrons que passam a emitir radiação fluorescente. A espectrometria de difração de raios X é amplamente empregada em diversos campos da indústria e da ciência como: determinação de elementos em ligas; análise de impurezas contidas em materiais de elevada pureza; análise de traços de aditivos e catalisadores residuais em altos polímeros, como o

polipropileno e cloreto de polivinila; análise de quantidades da ordem de ppm de elementos pesados em águas poluídas, ar, alimentos, sangue.

Na *Microsonda Eletrônica de Raios X*, o aparelho promove a irradiação de pequena amostra, com um feixe de elétrons. A amostra emite raios X como resposta que é detectado, permitindo observar a variação na concentração dos elementos em uma amostra.

### **Espectroscopia de Ressonância Magnética**

Pode-se observar um tipo completamente diferente de interação entre a matéria e as forças eletromagnéticas submetendo-se uma amostra simultaneamente a dois campos magnéticos, um estacionário  $H$  e o outro variando em alguma radiofrequência  $f$ , de 5 MHz ou maior. A amostra absorve energia para uma determinada combinação de  $H$  e  $f$  e pode-se observar a absorção como uma mudança no sinal produzido por um detector de radiofrequência e amplificador. Pode-se relacionar essa absorção de energia com a natureza magnética dipolarrotacional dos núcleos. A teoria quântica nos diz que os núcleos se caracterizam por um número quântico de spin  $I$ , que pode assumir valores positivos de  $n/2$  (em unidades de  $h/2\pi$ ;  $h$  é a constante de Planck), onde  $n$  pode ser 0, 1, 2, 3, ... . Se  $I = 0$ , o núcleo não tem spin e assim não se pode observá-lo pelo método aqui considerado; isso se aplica a  $^{12}C$ ,  $^{16}O$ ,  $^{32}S$  e outros. Os núcleos em rotação se assemelham a minúsculos ímãs e, portanto, interagem com o campo magnético externo imposto  $H$ . Pode-se imaginar que todos eles se alinhariam com o campo como tantas muitas agulhas magnéticas, mas, em vez disso, seu movimento rotatório determina que eles ajam como se fossem um giroscópio em um campo gravitacional. De acordo com a mecânica quântica, há  $2I + 1$  orientações possíveis e, portanto, níveis energéticos, o que significa que o próton, por exemplo, tem dois desses níveis. Se aplicarmos uma corrente alternada em ângulo reto em relação ao campo de c.c. na frequência  $f$ , o núcleo de estado de energia mais baixo absorverá a energia ressonante e pode-se notar a absorção na saída do detector. A razão  $\gamma/H$  é uma constante fundamental característica de cada espécie nuclear que tem um valor finito de  $I$ . Essa é chamada razão giromagnética (razão magnetogírica) e recebe o símbolo  $\gamma$ . Existem dois tipos de espectrômetros de RMN, o instrumento de uma única bobina, no qual se mede a absorção, e o de duas bobinas, que mede a radiação ressonante. Encontrou-se que, na prática, a RMN é da máxima utilidade química, quando restrita ao estudo da estrutura fina na ressonância de uma única espécie nuclear. Chama-se um instrumento para esse fim de espectrômetro de RMN de alta resolução. A maioria dos instrumentos possui parâmetros adaptados apenas para detectarem a ressonância dos núcleos de hidrogênio (prótons). Um espectrômetro de RMN de alta resolução pode mostrar dois tipos distintos de estrutura na absorção de RMN, devidos à ressonância do próton, conhecidos, respectivamente, como deslocamento químico e interação spin-spin. Cada núcleo é envolvido por uma nuvem de elétrons em movimento constante. Sob a influência do campo magnético, forçam-se esses elétrons a circular no sentido em que se opõem ao campo. Isso possui o efeito de blindar parcialmente o núcleo de receber a força total do campo externo. Segue-se que se deve alterar um pouco quer a frequência quer o campo para ocasionar ressonância no núcleo blindado. Em muitos instrumentos isso é habitualmente realizado por um ajuste do campo magnético através de uma bobina auxiliar que

transporte corrente contínua variável, e que varre um pequeno intervalo do campo (alguns miligauss em um campo de 14 quilogauss). O complexo circuito eletrônico envolvido (no Varian A-60A, por exemplo) é tal que o valor do campo adicionado se converte em seu equivalente em frequência para introdução no registrador. O valor do deslocamento depende da vizinhança química do próton, pois essa é a fonte de variações na blindagem por elétrons e se chama deslocamento químico. Apesar de se medir o deslocamento químico como um campo ou uma frequência, é na verdade uma razão da variação necessária do campo para o campo aplicado ou da variação necessária da frequência para a frequência-padrão e, portanto, é uma constante adimensional, geralmente designada por  $\delta$  e definida em partes por milhão. Como não podemos observar a ressonância em um tubo de ensaio cheio de prótons, sem qualquer blindagem de elétrons, não há um padrão absoluto com que se possam comparar os deslocamentos. Assim, deve-se adotar um padrão de comparação arbitrário. Para as substâncias orgânicas, quando as solubilidades permitem, usa-se como solvente tetracloreto de carbono (sem prótons) e adiciona-se uma pequena quantidade de tetrametilsilano (TMS),  $(\text{CH}_3)_4\text{Si}$ , como padrão interno. Escolhe-se essa substância não só porque todos seus átomos de hidrogênio apresentam idêntica vizinhança, mas, também porque são mais fortemente blindados que os prótons de qualquer composto puramente orgânico. Atribui-se arbitrariamente à posição do TMS na escala do deslocamento químico o valor de 0 para  $\delta$ . Alguns autores preferem atribuir ao TMS o valor 10 e indicam o deslocamento por  $\tau$ , sendo  $\tau = 10 - \delta$ , pois isso fornece pequenos valores positivos para quase todas as outras amostras. Uma blindagem maior corresponde a um deslocamento químico "sobre o campo", isto é, deve-se aumentar o campo para compensar a blindagem;  $\tau$  diminui com o aumento da blindagem e  $\delta$  aumenta. É possível construir um diagrama de intervalos aproximados de  $\delta$  ou  $\tau$  para prótons em várias vizinhanças químicas. O valor exato depende em grande extensão dos efeitos de substituintes, solvente, concentração, pontes de hidrogênio etc., mas são reproduzíveis para qualquer conjunto de condições dado. O segundo tipo de estrutura frequentemente observada nos espectros de RMN é devido à interação do spin de um próton com o de um outro próton ou prótons ligados (habitualmente) a um carbono adjacente. A interação envolve os spins dos elétrons de ligação de todas as três ligações (H-C, C-C e C-H), mas não precisamos nos preocupar com o mecanismo detalhado. A interação não se manifestará se os prótons estiverem em vizinhanças equivalentes, mas, por outro lado, o máximo do deslocamento químico em cada posição será desdobrado em um multiplete próximo. A teoria da RMN é indicação suficiente da grande utilidade do método na identificação qualitativa de substâncias puras. São disponíveis atlas de espectros de RMN comparáveis aos de espectros de absorção óptica, por comparação de amostras desconhecidas com amostras autênticas já estudadas. A RMN fornece uma valiosa ferramenta de diagnóstico. Os deslocamentos químicos e as observações de acoplamento e de desacoplamento de spins são todos úteis nesse conjunto. A análise quantitativa é aplicável através do estudo dos traçados do integrador. A informação imediata obtida é o número relativo de prótons em várias vizinhanças moleculares da amostra. É fácil determinar o conteúdo total de hidrogênio de uma substância, sem a necessidade de alta resolução e, se soubermos que é um composto puro, isso dará uma informação com precisão relativa da ordem de  $\pm 0,5\%$ , comparável ao método gravimétrico convencional de combustão com grande economia de tempo. Em casos favoráveis, podem-se

analisar misturas de compostos com excelente precisão. O tetraleno tem quatro prótons aromáticos enquanto o naftaleno tem oito; apenas o tetraleno tem prótons em alfa e eles são quatro; finalmente o tetraleno tem quatro prótons que são, essencialmente, alifáticos e o hexano contribui com catorze de seus prótons na mesma região. Eles concordam plenamente com a composição da mistura, como calculada pelas massas. A *Espectrometria de Ressonância Magnética Nuclear* constitui uma das técnicas de maior importância na química analítica, razão pela qual tem sido aplicada na maioria dos campos de pesquisa. A alta capacidade de resolução deste ensaio tem sido utilizada na química orgânica no esclarecimento de estruturas, investigações sobre isomerismo, tautomerismo, equilíbrios químicos, velocidade de reação, formação de pontes de hidrogênio, determinação de pureza de substâncias e análise de misturas. Além destas apresenta interesse na análise de produtos farmacêuticos, altos polímeros, amostras biológicas, análises químicas estruturais orgânicas, qualitativas e quantitativas.

### **Métodos Termométricos**

Muitos métodos analíticos discutidos apresentam importantes coeficientes de temperatura, mas em geral sua medida não fornece, em si, uma informação analítica. Neste consideraremos métodos onde se medem algumas propriedades do sistema como uma função da temperatura. Será útil para esclarecer as relações entre eles, organizá-los aqui para referência. *Análise Termogravimétrica (ATG)* trata-se de uma técnica onde se pode acompanhar a massa de uma amostra durante um período de tempo, enquanto se varia sua temperatura (geralmente aumentada a uma velocidade constante). Muitos dos trabalhos relatados em termogravimetria foram orientados no sentido de estabelecer intervalos ótimos de temperatura para o condicionamento de precipitados para as análises gravimétricas usuais, como sugere o exemplo precedente. Há vários fabricantes de termobalanças e alguns deles produzem vários modelos. O mecanismo de pesagem pode ser uma modificação de uma balança de um ou dois pratos, um dispositivo de autopesagem eletrônico, uma balança de torção ou uma simples balança de mola. Vários modelos têm um forno elétrico para aquecer a amostra localizada sob a balança, como cadinho suspenso no seu interior por um longo fio de platina. Toda termobalança destinada a trabalhos de precisão é munida de registro automático da massa em função do tempo, ou diretamente em função da temperatura com um registrador X-Y. Na *Análise Termogravimétrica Derivada (TGD)* às vezes, é vantajoso poder comparar um termograma com sua primeira derivada. Várias termobalanças comerciais são munidas com circuitos eletrônicos para obter a derivada automaticamente. Um registrador de duas penas permite uma comparação direta conveniente entre as duas curvas. A *Análise Térmica Diferencial (ATD)* é uma técnica pela qual se podem acompanhar as transições de fase ou reações químicas por observação do calor absorvido ou liberado. E especialmente adaptada ao estudo de transformações estruturais no interior de um sólido a temperaturas elevadas, onde são disponíveis poucos outros métodos.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A ATD convencional, como descrevemos, é capaz de fornecer bons resultados sobre as temperaturas

e sinais das transições, mas é difícil ou impossível obter dados quantitativos - o calor de transição, se a pureza é conhecida; ou a quantidade de um constituinte em uma amostra se conhece o calor de transição. Essa dificuldade decorre de fatores incontrolláveis e frequentemente desconhecidos, tais como o calor específico e a condutividade térmica da amostra, antes e depois da transição. A velocidade de aquecimento, a colocação dos pares termoeletrônicos e outros parâmetros instrumentais também afetarão as áreas abaixo dos picos endotérmicos ou exotérmicos. Podem-se conseguir resultados quantitativos convertendo o compartimento da amostra de um aparelho de ATD em um calorímetro diferencial. Isso foi feito de três diferentes modos por três companhias diferentes. A Perkin-Elmer fabrica um instrumento chamado Calorímetro de Varredura Diferencial J (CVD), onde o calorímetro é do tipo isotérmico. A Technical Equipment Corporation escolheu uma abordagem adiabática ao planejar sua unidade comparável, o calorímetro Dinâmico Adiabático Deltatherm (CDA). Esse dispositivo fornece precisão comparável na medida dos calores de transição, mas o sistema adiabático facilita a determinação dos calores específicos. O terceiro instrumento nessa categoria é o aparelho ATD da Du Pont, com um calorímetro acessório. Esse também é adiabático, mas usa da mesma forma uma amostra de referência. A temperatura de referência controla o eixo X de um registrador X-Y, enquanto que a diferença de temperatura entre as duas amostras controla a entrada de Y. A área sob um pico de ATD nessas condições é uma medida exata do calor da transição, independentemente do calor específico e outras variáveis; também podem-se determinar os calores específicos. Para a execução desta técnica, dois termistores combinados estão contidos no aparelho em uma câmara saturada com o vapor de um determinado solvente. Injetando em um termistor uma gota do solvente puro e no outro uma gota da solução da amostra, haverá uma diferença de temperaturas proporcional à diminuição da pressão de vapor, que depende do número de moléculas da amostra em solução. Quando o equilíbrio térmico for atingido, a diferença de resistência dos termistores é lida. Esta leitura é convertida em concentração da amostra por uma curva de calibração e o peso molecular é determinado por uma relação entre esta concentração e os pesos do solvente e do soluto.

## 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>

ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E.; RODRIGUES, M. G.. Evaluation of the environmental impacts caused by deforestation in the hydric regimen of the metropolitan region of Petrópolis (RJ),

Brazil. *Engineering Sciences*, v.1, p.14-21, 2013.

<https://doi.org/10.6008/ESS2318-3055.2013.001.0002>

SILVA, C. E.; SOUZA, F. M. N.; AGUIAR, L. A.; ALMEIDA, J. R.. Análise de riscos como instrumento para sistemas de gestão ambiental. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.3, p.17-41, 2012. DOI: <http://doi.org/10.6008/ESS2179-6858.2012.001.0002>

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>