

Um Experimento Didático em Termogravimetria: Estudo da Degradação Térmica de Amostras Comerciais de PVC e PVAc

Robson Fernandes de Farias¹

E-mail: robsonfarias@aol.com

Resumo: *O Estudo da degradação térmica de amostras comerciais de Cloreto e Acetato de Polivinila é proposto como experimento didático para a introdução do estudo da análise térmica nos cursos de graduação. Sugestões para atividades adicionais são também apresentadas.*

Palavras-chave: *polímeros, termogravimetria, graduação.*

Abstract: *The study of the thermogravimetry of the thermal degradation of commercial PVC and PVAc samples is proposed as a didactic approach to introduce thermogravimetry in undergraduate courses. In addition, suggestions for further activities are also proposed.*

Keywords: *polymers, thermogravimetry, undergraduate course.*

¹ Autor a quem toda correspondência deverá ser endereçada

1. Introdução

A termogravimetria, TG, é uma das chamadas técnicas de termoanálise [1]. Na análise TG pode-se monitorar, em função da temperatura ou do tempo, as variações de massa sofridas quando uma amostra é submetida a uma razão constante de aquecimento (termogravimetria não isotérmica) [1]. Pode-se ainda monitorar, em função do tempo, as perdas de massa sofridas por uma amostra mantida à temperatura constante (termogravimetria isotérmica) [1].

Ao ser aquecida, a amostra libera produtos gasosos, que devem ser retirados do sistema mediante a utilização de um “gás de arraste”. Essa atmosfera costuma ser inerte (geralmente utiliza-se nitrogênio ou argônio) ou oxidante (ar ou “ar sintético”).

Fatores tais como atmosfera utilizada, vazão do gás de arraste ($100 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$, por exemplo), quantidade de amostra utilizada, compactação da amostra, dimensões e geometria da “panelinha” (porta-amostras para a realização da análise TG), bem como razão de aquecimento ($10 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$ é uma das mais utilizadas) e podem influenciar a reprodutibilidade das curvas TG, alterando, em maior ou menor extensão, as faixas de temperatura nas quais os processos são observados [1].

A utilização da termogravimetria no estudo dos mais variados sistemas, desde compostos de coordenação [2-9] a materiais lamelares ou hexagonais [10-18] e óxidos recobertos com polímero condutor [19-21] passando por sílica-gel amorfa [22], tem se expandido nos últimos anos. A termogravimetria vem deixando de ser, cada vez mais, apenas uma técnica complementar, para se tornar uma ferramenta de fundamental importância no estudo de materiais. A utilização de pequenas quantidades de amostra (e.g. 3 mg), constitui-se ainda em outra de suas vantagens.

A utilização prática das reações de termodegradação está entre as razões pelas quais um conhecimento mais aprofundado dos mecanismos destas reações tem-se tornado objeto de grande interesse. Entre os exemplos de reações de termodegradação com interesse econômico, pode-se citar a decomposição térmica dos carbonatos naturais e a desidratação de cristais, na manufatura de substâncias com superfícies ativadas.

A característica essencial de muitas reações no estado sólido, é que as transformações químicas ocorrem preferencialmente em de uma interface (zona) de reação, na qual formam-se os produtos sólidos, e através da qual devem difundir-se os produtos gasosos, caso existam. A eliminação de um produto durante a reação, como por exemplo a água volatilizada de um composto hidratado, é

acompanhada por uma contração do resíduo sólido remanescente, uma vez que o produto sólido ocupa um volume menor do que o reagente a partir do qual foi derivado. Este tipo de reação normalmente deixa um resíduo que é microcristalino ou amorfo, cujas fissuras e/ou poros, constituem-se em via de escape para os produtos gasosos. Uma representação esquemática de um processo de termodegradação é mostrada na Figura 1.

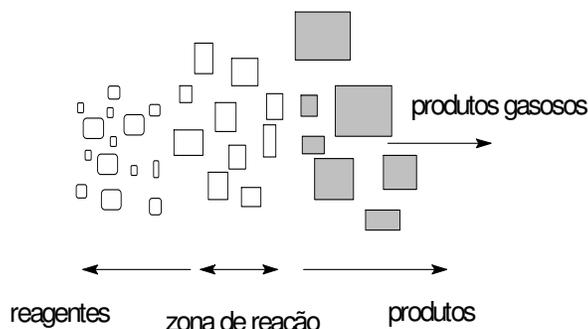


Figura 1. Representação esquemática de um hipotético processo de degradação térmica.

Vale a pena lembrar que, no caso de um processo de termodegradação, a zona de reação está definida pela zona de contato entre a amostra sólida e as paredes do forno ou do recipiente que contém a amostra, sendo a transferência de calor, portanto, fator de grande importância, assim como a vazão do gás de arraste, a fim de que os produtos gasosos possam ser retirados do sistema reacional o mais brevemente possível.

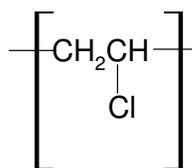
Como consequência do anteriormente exposto, justifica-se a elaboração de uma série de experimentos didáticos sobre os usos da termogravimetria, a fim de contribuir para a introdução desta técnica aos estudantes de graduação, futuros professores e/ou pesquisadores.

O presente trabalho tem por finalidade apresentar um experimento em termogravimetria, utilizando como objeto de estudo amostras comerciais de poli(cloreto de vinila), PVC e poli(acetato de vinila), PVAc. Essas amostras foram escolhidas em função da larga utilização desses polímeros na vida cotidiana [23].

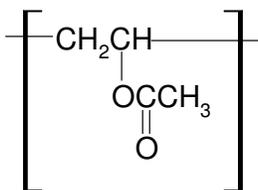
2. Experimental

As unidades estruturais do PVC e do PVAc são mostradas abaixo.

Poli(cloreto de vinila)



Poli(acetato de vinila)



O PVC comercial utilizado foi uma amostra de plástico fino, transparente, empregado para embalagem de alimentos. Para efeito de comparação, empregou-se ainda uma amostra padrão analítico (Aldrich) do mesmo polímero.

A amostra comercial de PVAc foi obtida a partir da cola branca. O seguinte procedimento foi utilizado para a preparação de um filme de PVAc: sobre uma tira de poli (tereftalato de etileno), PET, obtido de garrafas descartáveis de refrigerante, espalhou-se cola branca, formando-se uma camada. Após secagem da cola, o filme obtido foi removido e cortado em pedaços.

As curvas termogravimétricas foram obtidas em um equipamento Shimadzu TGA-50, sob atmosfera de argônio, com fluxo de $100 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$, e com razão de aquecimento de $10 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$.

3. Resultados e discussão

As curvas termogravimétricas, TG, e termogravimétricas derivadas, DTG, das amostras de PVC e PVAc são mostradas nas figuras 2 e 3, respectivamente.

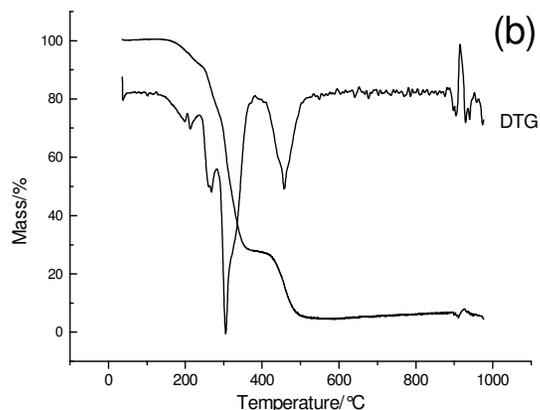
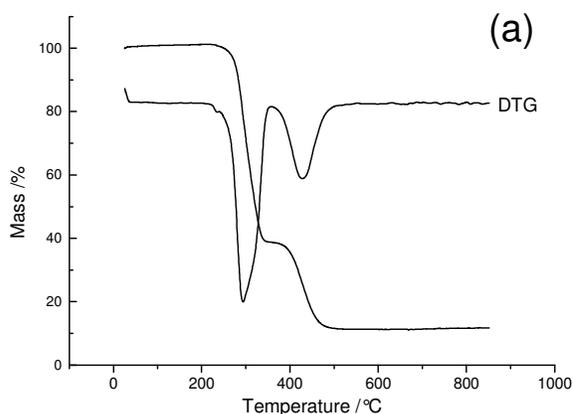


Figura 2. Curvas TG e DTG de amostras de PVC padrão analítico (a).

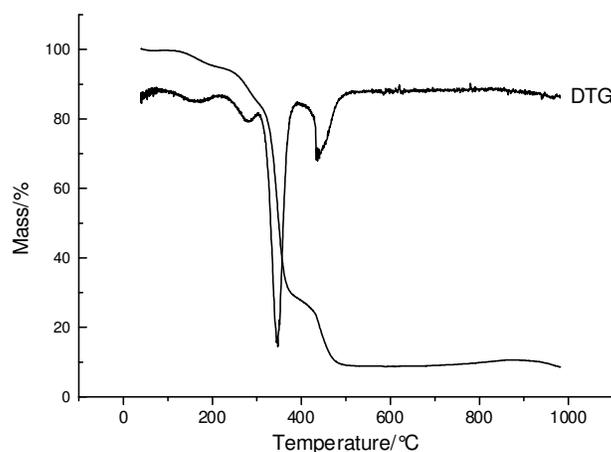


Figura 3. Curvas TG e DTG de amostra comercial de PVAc (cola branca).

Na curva TG do PVC, Figura 2 (a), a primeira etapa de perda de massa (60%), corresponde à saída de HCl [24]: $-\text{[CH}_2\text{CHCl]-} = -\text{[CH=CH]-} + \text{HCl}$, podendo a segunda etapa ser atribuída à degradação térmica do resíduo polimérico $-\text{[CH=CH]-}$, restando, ao final, um resíduo correspondente a 10% da massa original. Verifica-se que a curva obtida é bem definida, com apenas duas etapas de perda de massa, ambas em total concordância com a estequiometria proposta para o processo de degradação do polímero.

Comparando-se a curva TG da amostra padrão analítico com a curva da amostra comercial, Figura 2 (b), verifica-se que esta última apresenta uma primeira etapa de perda de massa da ordem de 72%, correspondendo à formação de HCl, subdividida (curva DTG) em três etapas. Além disso, forma-se uma maior quantidade de HCl por grama da amostra aquecida, com a amostra comercial sendo

termicamente menos estável (cerca de 120 °C menos) que a amostra p.a. Verifica-se, ainda, que o resíduo final da amostra comercial é de cerca de 5%, contra 10% da amostra p.a. A amostra comercial de PVC é constituída, provavelmente, de uma mistura de PVC com copolímero de cloreto de vinila e cloreto de vinilideno.

Na curva TG do PVAc, Figura 3, verifica-se uma perda de massa inicial de 70% (subdividida em duas etapas menores e uma maior, conforme verificado na curva DTG), correspondendo à formação de ácido acético [23] : $-\text{[CH}_2\text{CHCOOCH}_3\text{]-} = -\text{[CH=CH]-} + \text{CH}_3\text{COOH}$. A segunda etapa corresponde à degradação térmica do polímero $-\text{[CH=CH]-}$, restando um resíduo de 10% da massa inicial.

4. Sugestões para atividades subseqüentes

Uma vez estabelecida a “linha mestra” do experimento a ser realizado dependerá, apenas, da imaginação do professor, levando sempre em conta a realidade local, em termos de interesse e preparo dos estudantes, assim como uma maior ou menor abundância de recursos, o aprimoramento e/ou adaptação dos experimentos propostos. As seguintes atividades/questionamentos podem ser utilizados:

1) Outras amostras comerciais de polímeros, tais como polietileno, nylon, poliéster, etc. podem ser analisadas termogravimetricamente, enriquecendo o experimento. Para o poliéster, por exemplo, que chega a constituir, em muitos casos, 100% do tecido utilizado para a confecção de roupas, um estudo da estabilidade térmica pode ser bastante explorado: Qual a temperatura máxima suportada por uma camiseta feita de poliéster ? Podemos utilizar o ferro de passar à 200 °C sem danificar a roupa ?

2) Um vez que tanto o PVC como o PVAc termodegradam-se produzindo ácidos (clorídrico e acético, respectivamente), podem ser propostos sistemas (montagem de reatores) para a promoção da termodegradação destes polímeros com subseqüente condensação e recolhimento dos produtos ácidos formados. Que tipo de aproveitamento poderia ser dado ao resíduo remanescente ? Lembre-se de que o resíduo resultante da primeira etapa de termodegradação do PVC e do PVAc constitui-se, ele próprio, num polímero (poliacetileno).

3) O efeito da presença de sólidos porosos tais como sílica-gel e alumina sobre a termodegradação dos polímeros estudados poderia ser testado, na tentativa de controlar-se a cinética do processo de termodegradação.

4) Levando-se em conta os perfis das curvas 2(a) e (b), poder-se-ia utilizar a termogravimetria para a determinação do grau de pureza de uma amostra comercial de PVC ?

5) Levando-se em conta a sugestão 2, qual procedimento analítico poderia ser utilizado para se determinar o teor de PVC numa mistura PVC-PVAc ? Esta determinação quantitativa poderia ser efetuada apenas com base nos dados termogravimétricos ? Por quê?

6) Levando-se ainda em conta a sugestão 2, seria viável promover-se a “reciclagem” do PVC e do PVAc, recolhendo-se os ácidos formados, e rejeitando-se, ou encontram-se alguma utilização para o poliacetileno formado ? Entre PVC, PVAc e Poliacetileno, qual se degrada mais facilmente na natureza (biodegradação) ?.

5. Referências

- WENDLANDT, W.WM. 1986. Thermal Analysis (Chemical Analysis, vol. 19), 3ª Ed., John Wiley & Sons, New York.
- FARIAS, R.F. de, Scatena Jr., H. & Airoidi, C.1999. J. Inorg. Biochem., 73, 253.
- FARIAS, R.F. de & Oliveira, O.A. de. 1996. Quím. Nova, 19, 100.
- FARIAS, R.F. de. 1999. Quím. Nova, 22, 316.
- FARIAS, R.F. de. 1998. Quím. Nova, 21, 437.
- FARIAS, R.F. de. 1997. Quím. Nova, 20, 478.
- FARIAS, R.F. de. 1997. An. Assoc. Bras. Quím., 46, 172.
- FARIAS, R.F. de, Oliveira, O.A. de, Medeiros, J.V. de & Airoidi, C. 1999. Thermochim. Acta, 328, 241.
- FARIAS, R.F. de. 2000. Quím. Nova, 23, 581.
- FARIAS, R.F. de & Airoidi, C. 2000. J. Solid State Chem., 149, 113.
- FARIAS, R.F. de & Airoidi, C. 2000. J. Non-Cryst. Solids, 261, 181.
- FARIAS, R.F. de, Nunes, L.M. & Airoidi, C. 2000. J. Thermal Anal., 60, 517.

FARIAS, R.F. de & Airoidi, C. 2000. Quím. Nova, 23, 88.

FARIAS, R.F. de & Airoidi, C. 1999. J. Colloid Interf. Sci., 220, 255.

FARIAS, R.F. de. 1999. An. Assoc. Bras. Quím., 48, 112.

AIROLDI, C., NUNES, L.M., & FARIAS, R.F. de. 2000. Mater. Res. Bull., 35, 2081.

NUNES, L.M., AIROLDI, C. & FARIAS, R.F. de. 1999. J. Solid State Chem., 145, 649.

FARIAS, R.F. de & AIROLDI, C. 2000. Colloids Surfaces A, 172, 145..

FARIAS, R.F. de, SOUZA, J.M. de, VIEIRA, J.V. de & AIROLDI, C. 1999. J. Colloid Interf. Sci., 212, 123.

FARIAS, R.F. de, SOUZA, J.M. de, Vieira, J.V. de & AIROLDI, C. 2000. J. Colloid Interf. Sci., 227, 147.

FARIAS, R.F. de. 2000. Quím. Nova, 23, 313.

FARIAS, R.F. de & AIROLDI, C. 1998. J. Thermal Anal., 53, 751.

STEVENS, M.P., POLYMER CHEMISTRY,. 1998. Oxford University Press, New York.

PIELICHOWSKI, K. 1998. J. Thermal Anal., 54, 171.

Responsabilidade de autoria

As informações contidas neste artigo são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões nele emitidas não representam, necessariamente, pontos de vista da Instituição e/ou do Conselho Editorial.

Modelo de Artigo para Publicação na Revista Principia do CEFET PB

Nome do Primeiro Autor¹

Nome da instituição e endereço para correspondência
e-mail

Nome do Segundo Autor

Nome da instituição e endereço para correspondência
e-mail

Resumo: A proposta deste modelo de artigo é servir de base para normas de publicação na Revista Principia do CEFET PB. Os artigos submetidos à Revista Principia podem ser elaborados em Português, Inglês, Espanhol ou Francês, e devem ser resultados de pesquisas nas áreas afins do CEFET PB.

Palavras Chave: palavra chave 1, palavra chave 2, palavra chave 3, palavra chave 4, palavra chave 5

Abstract: The objective of this article is to provide the basis for the rules of publication in the CEFET-PB "Revista Principia" (Principia Magazine). The articles submitted to the "Revista Principia" can be written in Portuguese, English, Spanish or French, and they should be results of researches in the related areas of CEFET-PB.

Key-words: Key-word 1, key-word 2, key-word 3, Key-word 4, Key-word 5

1. Introdução

A proposta da revista Principia é a de publicação de artigos de caráter teórico ou aplicado, de pesquisas científicas e tecnológicas nas áreas de estudo, desenvolvidas pelo CEFETPB.

Será dada preferência para publicação de trabalhos que se apresentem em forma de artigos e resenhas. Relatos de experiência, ensaios bem fundamentados, artigos de revisão, livros, cartas ao(s) editor(es), poderão, também, ser considerados.

Artigos, anteriormente, publicados em congressos ou conferências aceitos para publicação nesta revista, deverão constar o evento como nota de rodapé na página do título.

A decisão de aceite para publicação é baseada na recomendação de no mínimo dois pareceristas e, se necessário, um membro do conselho editorial. Apenas os trabalhos aprovados serão encaminhados para publicação. O(s) autor(es) deve(em) manter seu arquivo para eventuais modificações sugeridas pelos revisores, visto que os originais e disquetes enviados não serão devolvidos. Os trabalhos aceitos serão publicados integralmente na revista PRINCÍPIA e disponibilizados na *home page* da instituição.

A título de direitos autorais o(s) autor(es) receberá(ão) 02 (dois) exemplares da revista em que for publicado o trabalho.

Nomenclatura

A	= área, m^2
c	= calor específico, $J/(kg K)$, parâmetro definido pela Eq. (10), adimensional
D	= diâmetro, m
f	= coeficiente de atrito, adimensional
h	= coeficiente médio de transferência de calor, $W/(m^2 K)$
m	= massa, kg
\dot{m}	= fluxo de massa, kg/s
n	= número de dados, adimensional
Q	= transferência de calor, W
R_k	= resistência térmica da parede, $(m^2 K)/W$
Re	= número de Reynolds do fluxo de ar, número de Reynolds, adimensional
T	= temperatura absoluta, K
t	= espessura do tubo, m

Símbolos gregos

ΔP	= queda de pressão, Pa
ΔT_{log}	= diferença média logarítmica da temperatura, K
θ	= ângulo entre as seções adjacentes, grau
ρ	= densidade, kg/m^3

Índices

a relativo ao ar
b relativo à viga
m relativo ao motor
s relativo à saída
relativo ao deslocamento horizontal
relativo ao deslocamento vertical
relativo ao deslocamento angular

2. Submissão

Manuscritos e correspondências deverão ser enviados, preferencialmente, ao Presidente e/ou Vice-Presidente do Conselho Editorial.

M.Sc. Mônica Maria Montenegro de Oliveira (Presidente do Conselho Editorial);

M.Sc. Claudiana Maria da Silva Leal (Vice-Presidente);

Dr. Augusto Francisco das Silva Neto;

Dr^a. Francilda Araújo Inácio;

Dr. Jefferson Costa e Silva;

Dr. Lafayette Batista Melo;

Dr. Kennedy Flávio Meira de Lucena;

Dr^a Maria Cristina Madeira da Silva;

M.Sc. Mônica Maria Souto Maior;

M.Sc. Mônica Maria Montenegro de Oliveira;

Dr. Neilor Cesar dos Santos;

Dr^a. Nelma Mirian Chagas de Araújo Meira;

Dr. Paulo Henrique da Fonseca Silva;

Dr. Umberto Gomes da Silva Júnior.

Conselho Editorial, Gerência Educacional de Pesquisa e Projetos Institucionais – GEPPI.

CEFET-PB, Av. 1º de Maio, 720 - Jaguaribe
CEP: 58.015-430 - João Pessoa, PB, Brasil. Fone: (0xx83) 3208 3032.

E-mail: principia@cefetpb.edu.br.

Três cópias do artigo são requeridas. Uma (01) cópia deverá ser enviada com a identificação dos autores (não esquecer de destacar o autor para correspondência). As outras duas (02) não deverão conter os nomes dos autores. Os autores deverão enviar uma cópia do artigo em disquete, zip drive ou CD Rom. É necessário que a cópia eletrônica contenha todas as figuras, tabelas e equações matemáticas que apareçam no artigo.

Todas as informações anteriores deverão ser enviadas ao setor de protocolo do CEFETPB.

Todos os artigos deverão ser submetidos à apreciação e preparados de acordo com o modelo PRINCIPIA.DOC, que pode ser obtido na página <http://www.cefetpb.edu.br/principia>. O não acordo com as normas deste modelo resultará na imediata desconsideração do artigo para publicação.

3. Edição do texto

O texto poderá ser editado utilizando-se o processador de texto Word for Windows. A fonte deverá ser Times New Roman, tamanho 11 para os

títulos dos itens, sub-itens e para o texto. Não deverão existir no texto palavras em **negrito**, ou sublinhadas para destacar em segmentos do texto; use apenas *itálico*.

O espaçamento será: Duplo entre itens e sub-itens. Simples no corpo do texto. Cuide para usar apenas um espaço entre uma palavra e outra.

Não faça referências a páginas internas do próprio trabalho e evite o uso de palavras como “abaixo”, “acima” ou “seguinte” para se referir a tabelas, quadros ou figuras. Numere as tabelas e use os números para fazer as referências.

O parágrafo deverá ter 0,5 cm.

O formato do papel deverá ser A4, orientação retrato, com margens de 2 cm. Um mínimo de 05 e máximo de 15 páginas não numeradas, incluindo tabelas e figuras.

Os itens e sub-itens deverão ser alinhados à esquerda e, apenas, a primeira letra maiúscula e em negrito.

4. Composição sequencial do artigo

As grandezas deverão ser expressas no SI (Sistema Internacional) e a terminologia científica (incluindo a nomenclatura e os símbolos gregos) deverão seguir as convenções internacionais de cada área em questão.

Título em negrito com no máximo 15 palavras, em que apenas a primeira letra da primeira palavra deva ser maiúscula. Fonte Time New Roman 22, justificada.

Nome dos autores por extenso, e somente a primeira letra do nome e do sobrenome devem ser maiúsculas. Fonte Time New Roman 12 em negrito. Logo abaixo, endereço institucional, incluindo telefone e e-mail, fonte Time New Roman 8. Os autores pertencentes a uma mesma instituição devem ser referenciados com um único endereço. Colocar referência de nota no final do último sobrenome do autor a quem toda correspondência deverá ser encaminhada.

O resumo e o *abstract* não deverão ter mais que 200 palavras, descrevendo os objetivos, metodologia usada e as principais conclusões. Não deverá conter fórmulas e deduções matemáticas.

As palavras-chave deverão ser no mínimo três e no máximo cinco.

Todos os símbolos deverão ser definidos no texto. Uma seção definida como nomenclatura deverá ser incluída com a lista e suas definições em ordem alfabética, os símbolos gregos usados e os índices dos símbolos. Cada símbolo deverá estar dimensionalmente definido no SI com unidades mencionadas. Grupos adimensionais e coeficientes devem ser definidos e indicados.

A introdução deverá conter informações direcionadas a todos os leitores da revista, e não só a especialistas da área. Esta deverá descrever o estado da arte do problema, sua relevância, resultados significativos, conclusões a partir de trabalhos anteriores e os objetivos do presente trabalho.

Materiais e métodos (metodologia).

Resultados e discussões quando houver.

Conclusão(ões). A(s) mesma(s) deverá(ão) ser escrita(s) baseando-se nos objetivos da pesquisa.

Agradecimentos quando houver.

Referências bibliográficas.

Responsabilidade de autoria.

5. Equações matemáticas

As equações deverão ser indicadas em linhas separadas do texto e iniciando-se em um novo parágrafo. Quando necessário usar toda a extensão da largura da página para edição da mesma

As equações devem ser numeradas seqüencialmente e identificadas por números arábicos entre parênteses alinhados à direita. Usar a indicação de letra maiúscula.

A referência à equação deverá ser feita, quando no corpo do texto da seguinte forma: (... substituindo-se a Eq. (1) na Eq. (2) tem-se a seguinte expressão: ...). Quando no início da frase a mesma deverá ser referenciada da seguinte forma: (A Equação (1) deverá estabelecer a relação...)

$$\overline{u_i u_j} = -V_i \left[\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right] + \frac{2}{3} \delta_{ij} k \quad (1)$$

6. Figuras e tabelas

As figuras e tabelas deverão ser referenciadas em ordem consecutiva e identificadas por números arábicos. As figuras e sua legenda em negrito devem ser centralizadas.

As referências às figuras e tabelas seguem o mesmo padrão das equações, referenciadas por Fig. (1) no corpo do texto ou por Figura (1) quando usada no início de uma sentença. As anotações e numerações devem ter tamanhos compatíveis com o da fonte usada no texto, e todas as unidades devem ser expressas no sistema S.I. (métrico). As figuras devem ser colocadas o mais próximo possível de sua primeira citação no texto. Deixe uma linha em branco entre as figuras e o texto.

As figuras que apresentam dados técnicos de resultados deverão apresentar um contorno sobre

todos os quatro lados, com escala indicada em todos os lados.

As legendas para os símbolos usados nas figuras deverão ser colocados dentro da mesma, assim como também a identificação de cada curva. Os contornos deverão ser legíveis o suficiente para evitar qualquer dúvida.

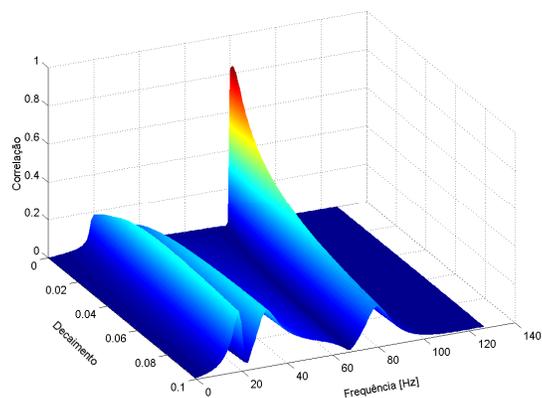


Figura 1. Coeficientes de correlação das Wavelets.

As figuras que apresentam dados técnicos de resultados deverão apresentar um contorno sobre todos os quatro lados, com escala indicada em todos os lados.

Todas as figuras e tabelas, de preferência, deverão estar em preto e branco. Figuras coloridas e fotografias de alta qualidade podem ser incluídas no trabalho. Para reduzir o tamanho do arquivo e preservar a resolução gráfica, converta os arquivos das imagens para o formato GIFF (para figuras com até 16 cores) ou para o formato JPEG (alta densidade de cores), antes de inseri-los no trabalho.

As tabelas devem ser centralizadas. Elas são referidas por Tab. (1) no meio da frase, ou por Tabela (1) quando usada no início de uma sentença. Sua legenda é centralizada e em negrito e localizada imediatamente acima da tabela.

Anotações e valores numéricos nela incluídos devem ter tamanhos compatíveis com o da fonte usado no texto do trabalho, e todas as unidades devem ser expressas no sistema S.I. (métrico). As unidades são incluídas apenas nas primeiras linha/coluna, conforme for apropriado. As tabelas devem ser colocadas tão perto quanto possível de sua primeira citação no texto. Deixe uma linha simples em branco entre a tabela, seu título e o texto. O estilo de borda da tabela é livre.

$$U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_i} \left(p + \frac{2}{3} \rho k \right) + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[v_{eff} \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (2)$$

Tabela 1. Resultados experimentais para as propriedades de flexão dos materiais MAT1 and MAT2. Valores médios de obtidos em 20 ensaios.

Propriedades do compósito	MAT1	MAT2
Resistência à Flexão (MPa)	209 ± 10	180 ± 15
Módulo de Flexão (GPa)	57.0 ± 2.8	18.0 ± 1.3
Deflexão máxima (mm)	2.15 ± 1.90	6.40 ± 0.25

As legendas das figuras e das tabelas não devem exceder 3 linhas. A segunda e a terceira linhas têm recuos, como mostrado na legenda da Tab. (1).

7. Referências

As referências deverão ser citadas no texto pelo último nome do(s) autor(es), ano de publicação, volume, tomo ou seção, se houver e a(s) página(s).

Quando o(s) autor(es) estiver no corpo do texto a grafia deve ser em minúsculo, e quando estiver entre parênteses deve ser em maiúsculo.

Exemplos:

Quando a citação possuir apenas um autor: ...de acordo com a literatura (FOLEGATTI, 1997, p. 72), no caso de ser feita no corpo do texto. Folegatti (1997, v.21, p.35) estabeleceu que... no caso de ser feita no início do parágrafo.

Quando a citação possuir dois autores: (FRIZZONE; SAAD, 2004, v. 12, p. 12), ou FRIZZONE; SAAD (2004, v. 12, p.12).

Quando possuir mais de dois autores: (BOTREL et al., 2004, v. 32, p. 56) ou Botrel et al. (2004, v. 32, p. 56).

Para citações do mesmo autor com publicações em datas diferentes, e na mesma seqüência, deve-se separar as datas por vírgula, (CRUZ, 1998, 1999, 2000).

Como regra geral consultar a norma da ABNT NBR 10520 – Informação e documentação - Citações em documentos - Apresentação.

As referências bibliográficas deverão ser listadas em ordem alfabética de autor e título para todo tipo de documento consultado. Como regras gerais na apresentação das referências bibliográficas considerar:

A partir da segunda linha os dados são colocados debaixo da terceira letra da entrada;

Os vários conjuntos de elementos da referência bibliográfica devem ser separados entre si por "ponto", seguindo de um espaço;

Utilizar letras maiúsculas para: sobrenome(s) principal do(s) autor(es); nomes de entidades coletivas que são autoras; primeira palavra da referência quando a entrada é pelo título; títulos de eventos (Congressos, Encontros, etc).

Como regra geral consultar a norma da ABNT NBR 6023 – Informação e documentação - Referências - Elaboração.

Artigos de revistas

PEREIRA, G. M.; SOARES, A. A.; ALVES, A. R.; RAMOS, M. M.; MARTINEZ, M. A. Modelo Computacional para Simulação das Perdas de Água por Evaporação na Irrigação por Aspersão. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 16, n. 3, p. 11-26, 1997.

SPARROW, E. M. Forced Convection Heat Transfer in a Duct having Spanwise-Periodic Rectangular Protuberances. **Numerical Heat Transfer**. New York, v.3, p. 149-167, 1980.

GONÇALVES, L. M. G.; CESAR JUNIOR, R. M. Robótica, Sistemas Sensorial e Motos: principais tendências e direções. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, Porto Alegre, v.9, n.2, p. 7-36, out. 2002.

SOVIERO, P. A. O.; LAVAGNA, L. G. M. A Numerical Model for Thin Airfoils in Unsteady Motion. **RBCM- J. of the Brazilian Soc. Mechanical Sciences**, v. 19, n. 3, p. 332-340, 1997.

Livros

NÃÃS, I. de A. **Princípios de Conforto Térmico na produção animal**. 1.ed. São Paulo: Ícone Editora Ltda, 1989. 183 p.

COIMBRA, A. L. **Lessons of Continuum Mechanics**. Edgard Blücher Editora, São Paulo, 1978. 428 p.

Capítulo de livros

ALMEIDA, F. de A. C.; MATOS, V. P.; CASTRO, J. R. de; DUTRA, A. S. Avaliação da Qualidade Conservação de Sementes a Nível de Produtor. In: HARA, T.; ALMEIDA, F. de A. C.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. (eds.). **Armazenamento de Grãos e Sementes nas Propriedades Rurais**. Campina Grande: UFOB/SBEA, 1997. cap. 3, p. 133-188.

Trabalhos apresentados em congressos (Anais, Resumos, Proceedings, Disquetes, CD Rom)

BORDALO, S.N.; FERZIGER, J.H.; KLINE, S.J. The Development of Zonal Models for Turbulence. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 10., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro:ABCM, 1989. p. 41-44.

WEISS, A.; SANTOS, S.; BACK, N.; FORCELLINI, F. Diagnóstico da Mecanização Agrícola Existente nas Microbacias da Região do Tijuca da Madre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., 1996, Bauru. **Resumos...** Bauru: SBEA, 1996. p. 130.

No caso de disquete ou CD Rom o título da publicação continuará sendo Anais, Resumos ou Proceedings, mas o número de páginas será substituído pelas palavras Disquete ou CD Rom.

Dissertações e teses

DANTAS NETO, J. **Modelos de Decisão para Otimização do Padrão de Cultivo em Áreas Irrigadas, Baseados nas Funções de Resposta da Cultura à Água**. 1996. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, UNESP, Botucatu.

MENEGHETTI, E. A. **Uma Proposta de Uso da Arquitetura Trace como um Sistema de Detecção de Intrusão**. 2002. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

WWW (World Wide Web) e FTP (File Transfer Protocol)

LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C.; BORGES, K. Reutilização de Esquemas de Bancos de Dados em Aplicações de Gestão Urbana. **IP – Informática Pública**, Belo Horizonte, v.4, n.1, p.105-119, June 2002. Disponível em: < <http://www.ip.pbh.gov.br/ip0401.html> >. Acesso em: set. 2002.

Responsabilidade de autoria

As informações contidas neste artigo são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões nele emitidas não representam, necessariamente, pontos de vista da Instituição e/ou do Conselho Editorial.