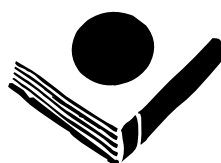


**Isopermas:  
uma ferramenta para  
o gerenciamento ambiental**

Donald K. Sebera

2ª edição



CONSERVAÇÃO PREVENTIVA  
EM BIBLIOTECAS E ARQUIVOS

*Donald K. Sebera*

# **Isopermas: uma ferramenta para o gerenciamento ambiental**

2ª edição

Rio de Janeiro  
Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos  
2001

Copyright © 1994 by The Commission on Preservation and Access

Título original publicado pela *Commission on Preservation and Access*:  
*Isoperms: An Environmental Management Tool*

**Projeto cooperativo interinstitucional Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos, em parceria com o CLIR - Council on Library and Information Resources (Conselho de Recursos em Biblioteconomia e Informação, que incorporou a antiga Commission on Preservation and Access).**

Suporte Financeiro  
***The Andrew W. Mellon Foundation***  
***Vitae, Apoio à Cultura, Educação e Promoção Social***

Apoio  
***Arquivo Nacional***  
***Fundação Getulio Vargas***

Coordenação  
***Ingrid Beck***

Colaboração  
***Sérgio Conde de Albite Silva***

Tradução  
***José Luiz Pedersoli Júnior***

Revisão Técnica  
***Ozana Hannesch***  
***Ana Virginia Pinheiro***  
***Dely Bezerra de Miranda Santos***

Revisão Final  
***Cássia Maria Mello da Silva***  
***Lena Brasil***

Projeto Gráfico  
***T'AI Comunicações***

Coordenação Editorial  
***Ednéa Pinheiro da Silva***  
***Anamaria da Costa Cruz***

Impresso em papel alcalino.

5443 Sebera, Donald K.

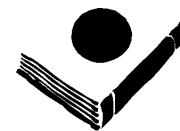
Isopermas : uma ferramenta para o gerenciamento ambiental / Donald K. Sebera ; [tradução José Luiz Pedersoli Júnior ; revisão técnica Ana Virginia Pinheiro, Dely Bezerra de Miranda Santos; revisão final Cássia Maria Mello da Silva, Lena Brasil]. — 2. ed. — Rio de Janeiro: Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos: Arquivo Nacional, 2001.

24 p. : il. ; 30 cm. — (Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos ; 18. Meio ambiente).

Inclui bibliografias.  
ISBN 85-7009-043-9.

1. Bibliotecas - Climatização. 2. Arquivos - Climatização. I. Título. II. Série.

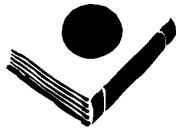
CDD 022.8



## **Sumário**

<b>Apresentação</b>	5
<b>Prefácio</b>	7
<b>Introdução</b>	9
<b>Fundamentos científicos</b>	10
<b>Efeito da umidade relativa</b>	11
<b>Efeito da temperatura</b>	11
<b>Efeitos combinados de T e %UR</b>	12
<b>Aplicações dos diagramas de isopermas de %UR <i>versus</i> T</b>	15
<b>Valores numéricos de isopermas</b>	24
<b>Resumo</b>	26
<b>Leituras e referências</b>	27





## Apresentação

O Projeto *Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos - CPBA* é uma experiência de cooperação entre instituições brasileiras e a organização norte-americana *Commission on Preservation and Access*, atualmente incorporada ao *CLIR - Council on Library and Information Resources* (Conselho de Recursos em Biblioteconomia e Informação).

Em 1997, o Projeto traduziu e publicou 52 textos sobre o planejamento e o gerenciamento de programas de conservação preventiva, onde se insere o controle das condições ambientais, a prevenção contra riscos e o salvamento de coleções em situações de emergência, a armazenagem e conservação de livros e documentos, de filmes, fotografias e meios magnéticos; e a reformatação envolvendo os recursos da reprodução eletrônica, da microfilmagem e da digitalização.

Reunidos em 23 cadernos temáticos, estes textos, somando quase mil páginas, foram impressos com uma tiragem de dois mil exemplares e doados a colaboradores, instituições de ensino e demais instituições cadastradas no banco de dados do Projeto.

Esta segunda edição revisada, com uma tiragem de mais dois mil exemplares, pretende, em continuidade, beneficiar, as instituições e os profissionais de ensino, e todas aquelas instituições inscritas no banco de dados depois de 1997 e que não chegaram a receber os textos.

O presente caderno, de número 18, descreve o método das Isopemas, uma ferramenta para a quantificação dos resultados relativos às condições ambientais para a preservação. Demonstra com o gráfico das Isopermas, sob que condições de temperatura e de umidade relativa do ar devem ser preservados os acervos de papel. Este gráfico é uma ferramenta fundamental para demonstrar para gerentes de coleções e diretores de instituições sobre o aumento da expectativa de vida útil que podem representar as melhorias de qualidade ambiental, na preservação de acervos em papel.

Este texto, assim como todo o conjunto de publicações do Projeto CPBA, encontra-se disponível em forma eletrônica na página do Projeto, [www.cpba.net](http://www.cpba.net).

Além das publicações distribuídas em 1997, o Projeto CPBA ainda formou multiplicadores, por meio de seminários organizados nas cinco regiões brasileiras, com o apoio de instituições cooperativas. Os multiplicadores organizaram novos eventos, estimulando a prática da conservação preventiva nas instituições. Os inúmeros desdobramentos ocorridos a partir dos colaboradores em todo o país fizeram o Projeto merecedor, em 1998, do Prêmio Rodrigo Melo Franco de Andrade.

Entre 1997 e 2001, o Projeto CPBA continuou promovendo seminários e cursos, envolvendo as instituições cooperativas. Em muitas ocasiões enviou professores e especialistas aos eventos organizados pelos multiplicadores. No início de 2001 o Projeto já contabilizava mais de 120 eventos realizados em todo o país, somando mais de 4.000 pessoas envolvidas.

As instituições que colaboram com o Projeto CPBA estão relacionadas na página [www.cpba.net](http://www.cpba.net), onde também poderá ser acessado o seu banco de dados, com mais de 2.600 instituições cadastradas. Esta página virtual pretende ser uma plataforma para o intercâmbio técnico e o desenvolvimento de ações cooperativas.

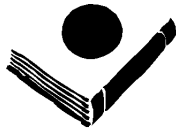
Desde o início o Projeto contou com recursos financeiros da *Andrew W. Mellon Foundation* e de VITAE, Apoio à Cultura, Educação e Promoção Social. Em 1998 estes patrocinadores aprovaram um segundo aporte financeiro, com o objetivo de dar continuidade às ações empreendidas e de preparar esta segunda edição.

O Projeto agradece o generoso apoio recebido de seus patrocinadores e das instituições cooperativas, brasileiras e estrangeiras, reconhecendo que sem esta parceria nada teria acontecido. Deseja também agradecer aos autores e editores das publicações disponibilizadas, por terem cedido gratuitamente os direitos autorais. Agradecimentos especiais ao Arquivo Nacional, que hospedou o Projeto desde o seu início, assim como à Fundação Getúlio Vargas, pela administração financeira dos recursos.

Considerando que a fase do Projeto apoiada pela Fundação Mellon se encerra em junho de 2001, o grupo cooperativo espera encontrar, em continuidade, colaboradores e parceiros no Brasil, para que o processo de difusão do conhecimento da preservação não seja interrompido.

Rio de Janeiro, junho de 2001.

*Ingrid Beck*  
Coordenadora do Projeto CPBA

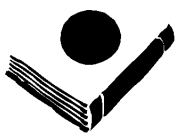


CONSERVAÇÃO PREVENTIVA  
EM BIBLIOTECAS E ARQUIVOS

## **Prefácio**

Esta publicação aborda necessidades de pesquisa provenientes da *Preservation Science Initiative Commission* (Comissão de Iniciativa para a Ciência da Preservação), cujo objetivo específico é promover o desenvolvimento da comunicação entre cientistas e administradores de preservação, visando à solução de problemas referentes às propriedades químicas de meios de impressão e ao estabelecimento de prioridades realísticas para a continuação das pesquisas. O objetivo a longo prazo da iniciativa é o de capacitar bibliotecários e arquivistas para aplicar estas habilidades em uma ampla gama de desafios técnicos e científicos que acompanham os novos meios.





## Introdução

São intimidantes os desafios que se apresentam aos administradores de bibliotecas e arquivos, quando devem escolher entre várias alternativas de preservação. Dirigindo instituições com acervos variados e orçamentos muito reduzidos, esses dirigentes devem considerar as várias alternativas para aplicação de recursos em preservação desde a microfilmagem ao planejamento de ambientes com temperatura e umidade relativa controladas. Contribuindo para a complexidade e a incerteza acerca dessas decisões têm surgido novas descobertas sobre a desacidificação e o aumento de resistência do papel, bem como tecnologias sobre o armazenamento digital ótico e a transferência de formato, que prometem melhores condições de acesso. Quaisquer procedimentos para avaliar os resultados alcançados com a adoção de medidas de preservação constituiriam uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento de uma estratégia global de preservação. Esta publicação descreve uma ferramenta quantitativa deste tipo — *o método das isopermas* — que quantifica o efeito dos fatores ambientais de temperatura (T) e umidade relativa percentual (% UR) sobre a expectativa de vida útil prevista para coleções em suporte de papel.

Este método das isopermas proporciona respostas imediatas para uma grande variedade de questões relacionadas às condições ambientais, tais como: *Por quanto tempo posso esperar que minha coleção seja preservada se eu obedecer às recomendações da minha equipe de conservação para mudar as condições atuais de armazenamento de 22,7° C e 50% UR para 15,6° C e 30% UR? Quais são as conseqüências para preservação se eu permitir maiores oscilações da temperatura e da umidade relativa sobre parâmetros já estabelecidos, uma vez que meu consultor para sistema de climatização diz que limites estreitos são onerosos, em termos de custos de capital e operacionais? Eu deveria diferenciar as condições de armazenamento para o verão e o inverno; em caso afirmativo, quais serão os riscos e as vantagens? Como posso mostrar de maneira convincente a curadores, diretores e agências financiadoras os supostos benefícios promovidos pela preservação, resultantes da modificação, melhoria e construção de instalações de armazenamento?*

A teoria básica subjacente ao método das isopermas foi descrita em outra obra (ver Donald K. Sebera, *Leituras e referências*). Essa publicação tem o objetivo de auxiliar a compreensão dos conceitos, de forma que possam ser usados com maior confiança. Minha experiência na apresentação do conceito de isoperma mostra que, no início, a leitura do conteúdo científico e matemático pode ser complexa e, com freqüência, intimidante. Eu recomendo que se continue até as aplicações, onde todas as dificuldades desaparecerão!

Por fim, deve-se observar que, com modificações apropriadas, o método pode ser aplicado para outros materiais higroscópicos como tecidos e pergaminhos. De fato, ele já foi estendido para a preservação de filmes negativos. (*IPI storage guide for acetate film*, publicado neste projeto com o título *Guia do Image Permanence Institute (IPI) para armazenamento de filme de acetato*).

## Fundamentos científicos

A deterioração do papel ocorre devido a uma variedade de mecanismos e formas, sendo que alguns deles podem predominar sob circunstâncias específicas. Em uma abordagem abrangente, devemos considerar não apenas a deterioração química, mas também a degradação induzida biologicamente e a perda da resistência provocada por meios físicos, resultantes da manipulação e do uso de variadas frequências e 'intensidades'. O método das isopermas restringe-se muito à perda da resistência associada às reações químicas de hidrólise e de oxidação da celulose. Hoje 90% (ou mais) da deterioração do papel são atribuídos a esses dois mecanismos.

O método das isopermas parte do pressuposto de que a taxa de deterioração de materiais higroscópicos como o papel é influenciada pela temperatura e pelo percentual de umidade relativa seu ambiente circundante. A perda da resistência do papel, resultante dos processos mais comuns e importantes de degradação quimicamente induzida, aumenta com a elevação de temperatura e do teor de umidade. Inversamente, a diminuição da temperatura ou do teor de umidade do papel, ou de ambos, reduz sua taxa de deterioração química e, desta forma, aumenta a sua permanência. O método das isopermas combina e quantifica os efeitos para preservação desses dois fatores ambientais — temperatura e percentual de umidade relativa —, e apresenta os resultados em forma gráfica compreensível e utilizável.

O que às vezes confunde no início, mas que é essencial à compreensão das isopermas, é que são empregadas taxas de degradação (e de permanência do papel) *relativas*, em vez de *absolutas*. Isto é, se  $r_1$  e  $r_2$  são as taxas (absolutas) de deterioração de um papel específico sob dois conjuntos de condições de temperatura e umidade relativa. Não lidaremos com  $r_1$  e  $r_2$  individualmente, mas apenas com sua razão  $r_2/r_1$ , que mede a mudança relativa na taxa de deterioração, resultante da alteração das condições ambientais. Para ilustrar, suponhamos que uma certa diminuição de temperatura e/ou de umidade relativa resulte numa diminuição da taxa de deterioração inicial,  $r_1$ , para um novo valor,  $r_2$ , de forma que  $r_2/r_1 = 0,5$ . Esta razão implica em que todos os papéis submetidos a esta alteração das condições ambientais terão suas taxas de deterioração reduzidas pela metade. A redução da taxa seria a mesma (para a metade), independentemente do fato de alguns papéis terem vida curta ou longa. Os papéis que, por exemplo, tenham alcançado um determinado estado quebradiço em 45 anos sob as condições iniciais, alcançariam o mesmo estado em noventa anos sob as novas condições, uma vez que sua taxa de deterioração foi reduzida à metade. De forma similar, papéis com expectativa de vida de duzentos anos teriam sua permanência estendida para quatrocentos anos.

É a *razão* das taxas de deterioração que o gerente de preservação pode controlar através de alterações na temperatura e percentual de umidade relativa das áreas de armazenamento de coleções. Não é possível alterar fatores não-ambientais como tipo e comprimento de fibras, grau de aquecimento de pastas, gramaturas, espessuras e assim por diante, fatores que influenciam a taxa de deterioração absoluta de um determinado papel.

O tempo que um papel leva para atingir um certo nível de resistência residual está inversamente relacionado à taxa de deterioração. Esta expectativa de vida, a que nos referiremos como permanência, é, em vez da taxa de deterioração, o termo mais apto e útil para descrever o efeito do ambiente. A



razão de dois valores de permanência, ou seja, a permanência relativa, é matematicamente o inverso da razão das taxas de deterioração:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{r_2/r_1} = \frac{r_1}{r_2} \quad (1)$$

Aqui, como nos exemplos anteriores, uma definição precisa de permanência não foi dada; é essencial compreender que ela denota o tempo necessário para que se atinja algum estado específico de deterioração ou resistência residual. Em outras condições, achou-se útil definir a permanência como o tempo necessário para que a resistência de um papel à dupla dobra seja reduzida a 1 MIT, [unidade de mensuração de teste de resistência à dobra, normalizado e efetuado com equipamento desenvolvido pelo *Massachusetts Institute of Technology, USA*] com uma tensão gerada por carga de 0,5 kg (quilograma). Todavia, outras medidas podem ser utilizadas.

### **Efeito da umidade relativa**

A água é importante como reagente ou catalisador em muitas reações químicas. Como já foi mencionado, a taxa de deterioração da celulose por hidrólise está diretamente relacionada ao teor de umidade do papel, que, por sua vez, encontra-se diretamente relacionado ao percentual de umidade relativa (% UR) da atmosfera em que o papel se encontra. Podemos, assim resumir o efeito da % UR da seguinte forma: quanto maior for a % UR do ambiente, maior será o teor de umidade do papel, maior a sua taxa de deterioração pela hidrólise, mais rápida a sua deterioração e menor a sua expectativa de vida (permanência). Estas idéias podem ser matematicamente resumidas na equação:

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{\text{concentração}_2 \text{ de H}_2\text{O}}{\text{concentração}_1 \text{ de H}_2\text{O}} = \frac{\text{UR}_2}{\text{UR}_1} = \frac{P_1}{P_2} \quad (2)$$

onde UR é a umidade relativa percentual do ambiente em equilíbrio com o papel<sup>1</sup>. A equação 2 fornece uma boa aproximação quantitativa para taxas de deterioração (e permanência) na faixa de importância prática de 30-65% UR; fora desta faixa, os papéis apresentam alterações cada vez maiores medidos pela equação 2. Assim, controlando a umidade relativa podemos atuar na permanência do papel e, tratando-se dos valores centrais da escala percentual de umidade relativa, é possível estimar quantitativamente os efeitos com boa precisão.

### **Efeito da temperatura**

É amplamente reconhecido que a maioria das reações químicas se desenvolve com mais rapidez na medida em que a temperatura aumenta. Estamos familiarizados com a regra empírica

<sup>1</sup> Devemos reconhecer que a equação 2 se aplica aos papéis em equilíbrio com os ambientes em que se encontram. Livros fechados e caixas preenchidas com manuscritos de forma compacta respondem lentamente às alterações na % UR. Apesar de suas extremidades externas poderem se equilibrar em minutos ou horas, freqüentemente são necessários meses para que o teor de umidade no centro de um livro atinja seu valor de equilíbrio para uma % UR específica. Por conveniência, assumiremos o equilíbrio com as condições atmosféricas tanto para a temperatura (uma aproximação muito boa) quanto para a umidade relativa (boa) apenas para intervalos de tempo relativamente longos).

apresentada nos cursos de química elementar que diz que “as velocidades de reações químicas dobram a cada aumento de 10° C na temperatura”. Todavia, cada reação exibe uma 'sensibilidade' específica distinta frente a alterações de temperatura, aumentando em função de um fator próximo de 2. Os físico-químicos desenvolveram uma teoria para a velocidade de reações químicas (Teoria do estado de transição), que pode descrever precisamente o efeito de alterações de temperatura sobre a velocidade das reações. Sua equação para a velocidade relativa de reação a duas temperaturas (Fahrenheit)  $T_1$  e  $T_2$

$$\frac{r_2}{r_1} = \left( \frac{T_2 + 460}{T_1 + 460} \right)^{10^{-394\Delta H^\ddagger}} \left( \frac{1}{T_2 + 460} - \frac{1}{T_1 + 460} \right) \quad (3)$$

incorpora uma constante, a entalpia de ativação,  $\Delta H^\ddagger$ , uma função termodinâmica que quantifica a sensibilidade de uma reação específica frente a mudanças de temperatura<sup>2</sup>. A  $\Delta H^\ddagger$  tem um valor específico que pode ser experimentalmente medido para cada papel. A maioria (de um número limitado) de tais medidas experimentais coloca a  $\Delta H^\ddagger$  na faixa de 20-35 Kcal (quilocalorias), com um valor de 30-35 Kcal proporcionando uma aproximação muito boa para a maioria das aplicações para preservação<sup>3</sup>.

Até este ponto, examinamos os efeitos isolados da variação de temperatura e de percentual de umidade relativa em termos qualitativos e quantitativos. O que falta é combinar tais efeitos em uma única equação, que será transformada na formulação gráfica das isopermas.

### Efeitos combinados de T e %UR

Se forem feitas alterações simultâneas na T e na %UR do ambiente em que se encontra um dado papel, a taxa de deterioração resultante refletirá seus efeitos combinados. Este efeito combinado sobre a razão das taxas de deterioração é o produto dos efeitos individuais [de T e de %UR] sobre a mesma. Portanto, multiplicando-se as equações 2 e 3, nós obteremos o efeito global sobre as taxas de deterioração:

$$\frac{r_2}{r_1} = \left( \frac{UR_2}{UR_1} \right) \left( \frac{T_2 + 460}{T_1 + 460} \right)^{10^{-394\Delta H^\ddagger}} \left( \frac{1}{T_2 + 460} - \frac{1}{T_1 + 460} \right) \quad (4)$$

e sobre a permanência:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{UR_1}{UR_2} \right) \left( \frac{T_1 + 460}{T_2 + 460} \right)^{10^{+394\Delta H^\ddagger}} \left( \frac{1}{T_2 + 460} - \frac{1}{T_1 + 460} \right) \quad (5)$$

<sup>2</sup> Uma teoria mais antiga e menos precisa, que expressa a sensibilidade frente à mudanças de temperatura, é a da energia de ativação por equação de Arrhenius,  $E_{act}$ . A entalpia de ativação é, numericamente, um pouco maior que a  $E_{act}$ .

<sup>3</sup> Esta equação, com valores apropriados de  $H^\ddagger$ , pode ser aplicada a outras propriedades do papel além da força. Por exemplo, a taxa de velocidade de coloração termicamente induzida no papel, isto é, sua taxa de amarelecimento, pode ser descrita utilizando-se um valor de  $H^\ddagger$  igual a aproximadamente 20 Kcal.

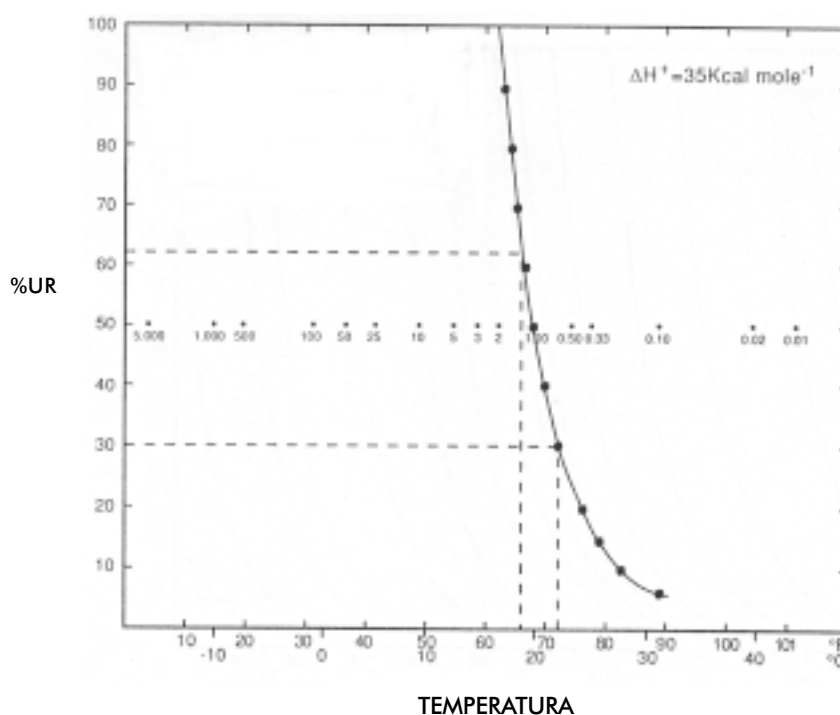


Estas equações podem ser algebricamente calculadas para se obter uma avaliação quantitativa de alterações de permanência, utilizando os valores ambientais apropriados para T e UR e um valor estimado ou experimentalmente determinado para  $\Delta H^\ddagger$ .

### Definição de isoperma

Cálculos algébricos utilizando a equação 5 seriam morosos e intimidantes para todos, exceto para aqueles que tenham interesses e habilidades matemáticos. A equação seria mais utilizável se passada para a forma de gráfico. O parágrafo seguinte, que descreve esta mudança, é a chave para o método das isopermas.

Considere um papel em equilíbrio com condições iniciais quaisquer de temperatura e umidade relativa, que determinam sua taxa de deterioração e permanência. Vamos agora aumentar a umidade relativa; se a temperatura permanecer inalterada, a taxa de deterioração aumentará. Contudo, se reduzirmos a temperatura exatamente pelo equivalente, o decréscimo dessa taxa induzida pela temperatura resultante *compensará exatamente* o aumento [da taxa] induzido pela umidade relativa, de forma que a taxa global de deterioração (e a permanência) permanece inalterada, igual àquela observada sob as condições iniciais do ambiente. Podemos fazer uma outra alteração na umidade relativa (ou a temperatura) e novamente será possível encontrar um valor de temperatura (ou de umidade relativa) que compensará exatamente a mudança na permanência, induzida pelo novo valor de umidade relativa (ou de temperatura). É obvio que existe, um conjunto infinito de tais pares de condições de T e %UR, associados a um mesmo valor de permanência. Estes pares de valores transferidos para um gráfico de eixos representando valores de T e %UR geram uma linha de permanência constante (isopermanência) definida como uma *isoperma*. A **Figura 1** é um gráfico deste tipo.

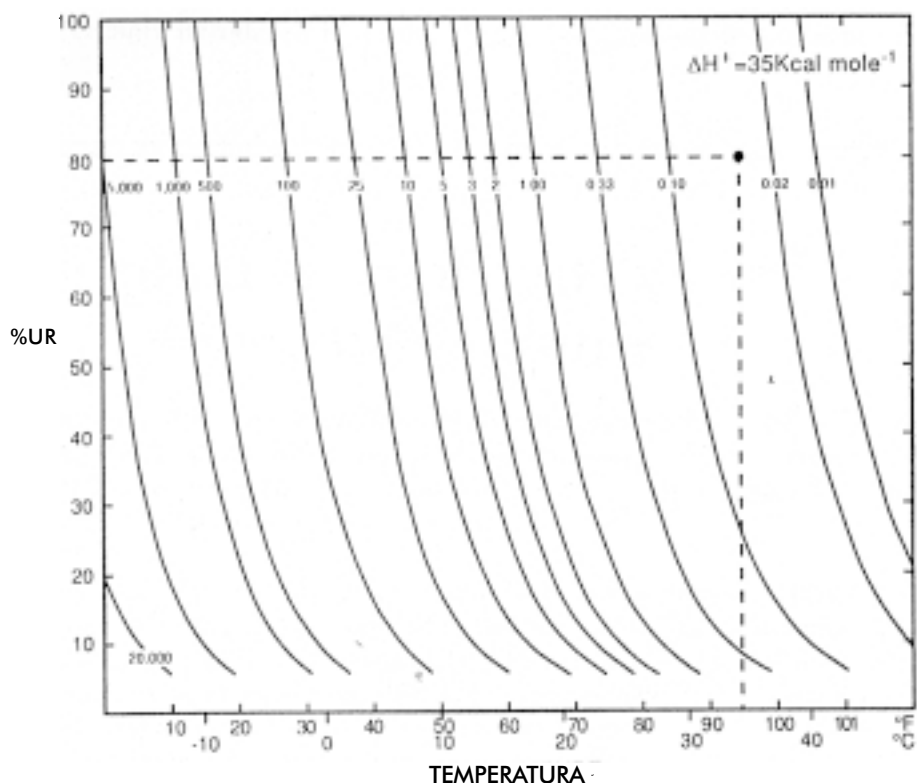


**Figura 1.** Construção de uma isoperma. O valor da permanência do papel a 20° C e 50% UR é fixado como um valor relativo igual a 1,00. Outras condições de temperatura e de umidade relativa que também determinam o valor de permanência igual a 1,00 estão ilustradas, e os pontos correspondentes no diagrama foram unidos para gerar uma isoperma de valor igual a 1,00. Valores [relativos] de permanência a 50% UR e a várias temperaturas são também mostrados.

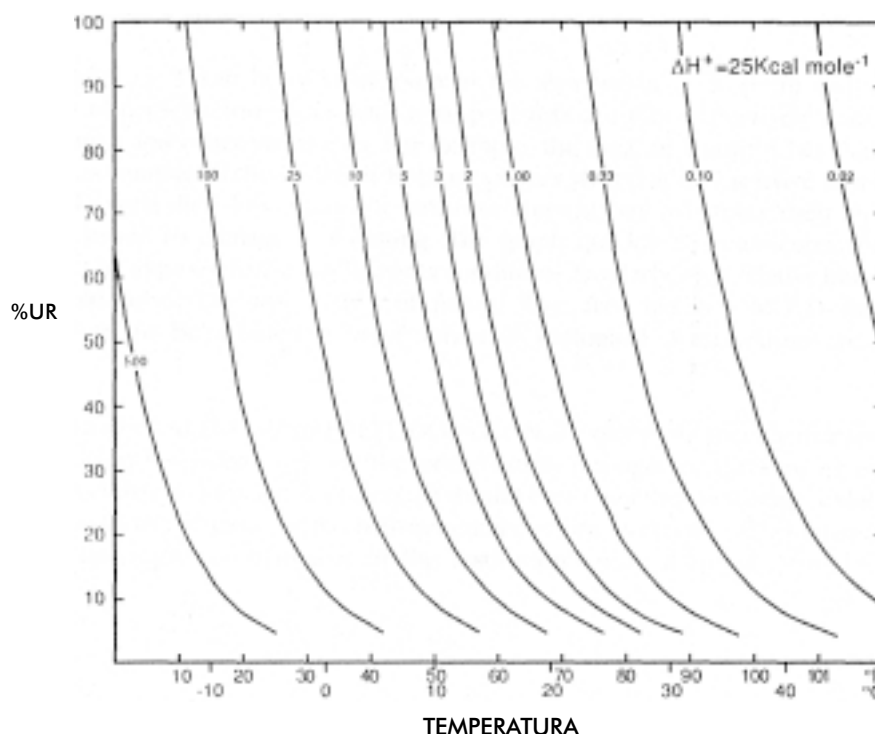
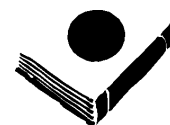
A temperatura de 20° C e 50% UR ambiental foram arbitradas como o estado de permanência [do papel] inicial ou de referência,  $P_1$ . Quaisquer outros valores de T e % UR poderiam ter sido selecionados como referência, mas os parâmetros escolhidos são os que mais se aproximam das condições comuns de armazenamento e, assim, podem servir como padrão comparativo com outras condições. Os outros pontos correspondentes a pares de T e % UR foram estabelecidos por cálculo a partir da equação 5 e assim, definem a totalidade da linha de isoperma. Nestes cálculos, é utilizado um valor de 35 Kcal para  $\Delta H^\ddagger$  e a umidade relativa é alterada por acréscimos de 10%; e se calcula uma temperatura que mantenha a permanência inalterada igual àquela para as condições 20° C/50% UR, e os pontos obtidos são ligados. A linha de isoperma resultante é rotulada como 1,0, uma vez que exhibe as condições nas quais os valores de  $P_2$  são iguais ao de  $P_1$ , visto que a permanência relativa não se altera:  $P_2/P_1 = 1,0$ .

No gráfico, o que significa o valor de isoperma igual a 1,0? Por enquanto, como uma primeira ilustração, podemos dizer que, se um papel possui uma expectativa de vida de 45 (ou noventa, ou trezentos) anos sob as condições de 20° C/50% UR, ele terá a mesma permanência (45, noventa ou trezentos anos) sob quaisquer condições ambientais [pares de T e % UR] ao longo daquela linha — a 22,2° C/30% UR ou a 18,9° C/62% UR, por exemplo.

A **Figura 1** também exhibe a temperatura (a 50% UR) correspondente a valores de permanência maiores e menores que aqueles para as condições de 20° C/50% UR. Os valores de isoperma de 5,0 e 0,33 a 12,2° C e 25,6° C, respectivamente, significam que o papel com expectativa de vida de 45 anos a 20° C precisaria de 225 anos para atingir o mesmo estado de deterioração a 12,2° C [e 50% UR], mas levaria apenas 15 anos para alcançar o mesmo estado a 25,6° C [também a 50% UR].



**Figura 2.** Diagrama de isopermas de percentual de umidade relativa versus temperatura. Os valores de permanência foram calculados para  $\Delta H^\ddagger = 35 \text{ Kcal. [mol}^{-1}\text{]}$ , para papéis a 20° C e 50% UR, tomado como padrão de comparação (permanência igual a 1,00). A permanência relativa a 35° C e 80% UR é  $\sim 0,03$ .



**Figura 3.** Diagrama de isopermas de percentual de umidade relativa versus temperatura. Os valores de permanência foram calculados para  $\Delta H^{\ddagger} = 25 \text{ Kcal.mol}^{-1}$ , relativamente ao papel a  $20^{\circ} \text{C}$  e 50% UR, tomado como padrão de referência (isoperma igual a 1,00).

As **Figuras 2 e 3** exibem um arranjo completo de isopermas para valores de  $\Delta H^{\ddagger}$  iguais a 25 Kcal e 35 Kcal, desenhados para valores de permanência relativa selecionados. Outras isopermas podem ser calculadas a partir da equação 5 ou são facilmente obtidas por interpolação. É evidente que, apesar de os dois diagramas serem quase similares, o gráfico com  $\Delta H^{\ddagger}$  igual a 35 Kcal mostra uma maior 'sensibilidade' frente às mudanças de temperatura. Se comparados os diagramas mostram a importância de utilizar-se o valor apropriado de  $\Delta H^{\ddagger}$  para uma coleção. Deve-se observar que, para a faixa estreita de T e %UR encontradas com frequência em bibliotecas e arquivos, a incerteza é relativamente pequena e insignificante para a maioria dos propósitos práticos.

### **Aplicações dos diagramas de isopermas de %UR versus T**

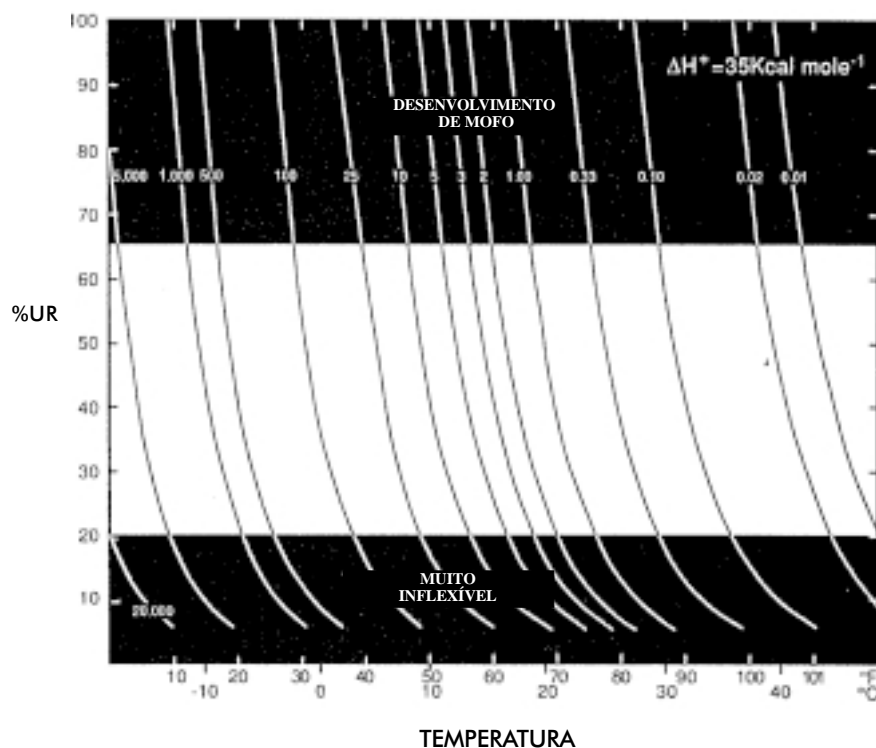
Alcançamos o ponto onde temos todos os elementos necessários para utilizar diagramas de isopermas e responder a questões como aquelas apresentadas na introdução. Esta publicação ainda explorará várias situações com o objetivo de ilustrar como os diagramas de isopermas com %UR versus T podem auxiliar o gerenciamento de preservação na tomada de decisões.

Como simples ilustração, considere a seguinte hipótese: uma coleção com papéis de vida relativamente curta (papel de jornal com uma permanência estimada de 45 anos sob condições de armazenamento de  $20^{\circ} \text{C}/50\% \text{UR}$ ) deve ser removida para dar espaço a uma coleção mais valiosa. Sugere-se que os papéis sejam temporariamente (um ou dois anos) depositados em uma galeria de serviços onde existe uma tubulação de vapor que apresenta um vazamento lento, de forma que os papéis estarão em um ambiente a  $35^{\circ} \text{C}$  e 80% UR. Quais são as consequências para preservação ao se fazer esta mudança? Consultando a **Figura 2**, podemos ver que as condições de  $35^{\circ} \text{C}$  e 80% UR

encontram-se entre as linhas isopermas 0,10 e 0,02 — e estimar um valor de isoperma igual a 0,03. Assim, sob as novas condições de armazenamento, a expectativa de vida da coleção seria reduzida para cerca de 3% de sua permanência sob as condições iniciais — isto é, para cerca de 16 meses. Mesmo com as incertezas inerentes à estimativa<sup>4</sup>, um ou dois anos neste armazenamento ‘temporário’ seria suficiente para destruir a coleção! O gerente de preservação está agora bem armado para rejeitar a proposta e sugerir uma alternativa.

Os diagramas representando %UR *versus* T podem ter valor mesmo na ausência de uma aplicação de isoperma. Com frequência, discussões sobre questões de preservação com leigos são melhor conduzidas através da utilização de gráficos e outros recursos visuais. Por exemplo, a área na **Figura 4** rotulada de  *muito inflexível*  mostra com facilidade a idéia de que papéis armazenados a baixas umidades relativas (digamos, inferiores a 30% UR) e, conseqüentemente, com baixo teor de umidade, ficarão, mesmo sem considerar sua resistência, tão inflexíveis que estarão propensos a danos quando manipulados. O gráfico mostra a idéia de que papéis nunca deveriam ser expostos a tais condições. De forma similar, umidades relativas elevadas favorecem o desenvolvimento de mofo e o surgimento de *foxing* no papel. A área rotulada de crescimento de *mofo* indica as condições ambientais a serem evitadas, caso se deseje prevenir estas formas de deterioração biológica<sup>5</sup>.

**Figura 4.** Diagrama de isopermas de percentual de umidade relativa *versus* temperatura mostrando condições ambientais inadequadas para o papel. Umidades relativas superiores a 65% submetem o papel ao desenvolvimento de mofo e ao surgimento de *foxing*; valores inferiores a 20% UR reduzem a flexibilidade do papel a níveis potencialmente danosos.



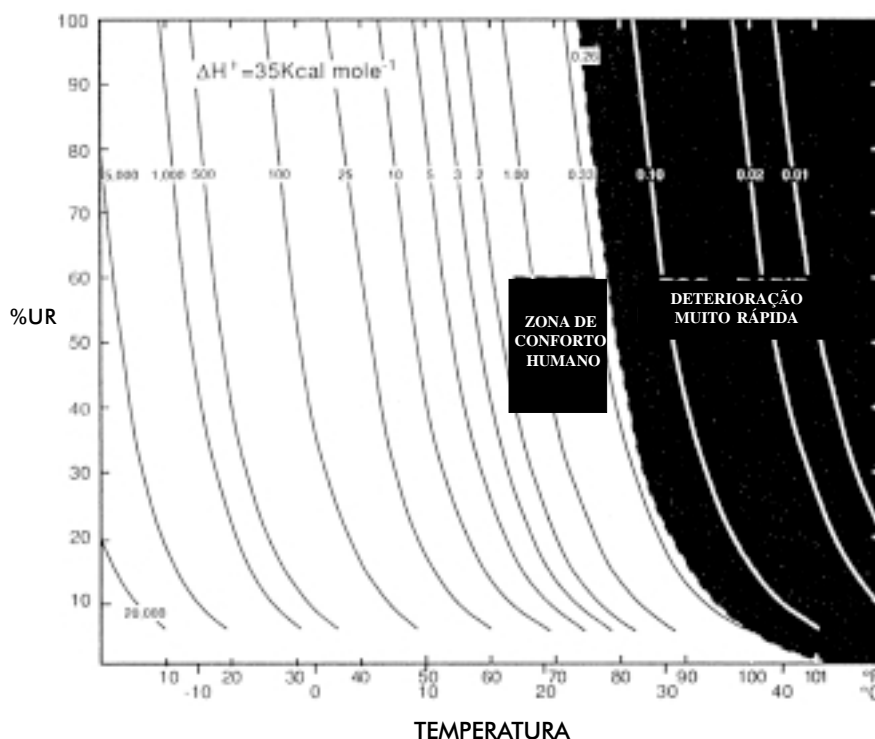
<sup>4</sup> O exemplo encontra-se fora da região de maior precisão de 30-65% UR, de forma que está sujeito a uma incerteza maior. De fato, o método das isopermas provavelmente subestima o efeito da %UR e, portanto, o tempo de vida provavelmente será ainda menor que o estimado.

<sup>5</sup> Estas duas situações, bem como outras descritas, servem apenas como ilustração. As condições exatas sob as quais, por exemplo, o mofo se desenvolve, dependem de muitos fatores, de forma que o valor de 65% UR é realístico mas não restritivo.





**Figura 5.** Diagrama de isopermas mostrando condições ambientais em que a deterioração é tão rápida que a permanência do papel passa a ser de, no máximo, 1/4 daquela observada para as condições de 20° C e 50% UR. Estão, também, mostrados valores de permanência relativa associados às condições ambientais relacionadas ao conforto humano.



A **Figura 5** mostra uma área rotulada de *deterioração muito rápida*; ela requer uma decisão de gerenciamento específica. Uma medida política foi tomada pelo gerente de preservação, pelo diretor, ou mesmo pelo conselho de curadores, de que item algum da coleção nunca poderia (seja em armazenamento, exibição, transporte, sob empréstimo e assim por diante) ser exposto a condições ambientais sob as quais ele irá se deteriorar a uma taxa (digamos) três vezes maior que aquela das condições de armazenamento normais da instituição, de 21,1° C e 50% UR (um valor de isoperma de 0,79). O gerente de preservação pode construir uma isoperma de valor 0,26; qualquer exposição de objetos a condições à direita da isoperma 0,26 (a área marcada em preto) é impedida por critérios políticos. Um diagrama de isopermas de %UR *versus* T com a(s) área(s) restrita(s) indicada(s) poderia fazer parte de qualquer acordo de empréstimo entre instituições.

A **Figura 5** exhibe uma área rotulada de *zona de conforto humano*. Engenheiros de sistemas de climatização, arquitetos e a *Occupational Safety and Health Administration* (Administração de Segurança e Saúde Ocupacional), OSHA [USA], definiram uma faixa em que as condições de temperatura e umidade relativa proporcionam conforto e segurança aceitáveis para pessoas que trabalham em edifícios<sup>6</sup>. Tal faixa, relativamente ampla de condições, permite a bibliotecas e arquivos dotados de bons sistemas de controle ambiental selecionar e manter condições específicas dentro destes limites. A escolha final é, com freqüência, estabelecida pelo diretor, após consulta aos engenheiros de sistemas de climatização, operadores do sistema, arquitetos, funcionários do corpo técnico e

<sup>6</sup> A área exibida é razoavelmente representativa de uma zona de conforto humano, mas, novamente, ela é apenas ilustrativa e não deveria ser utilizada para projeto ou com propósitos de aquiescência.

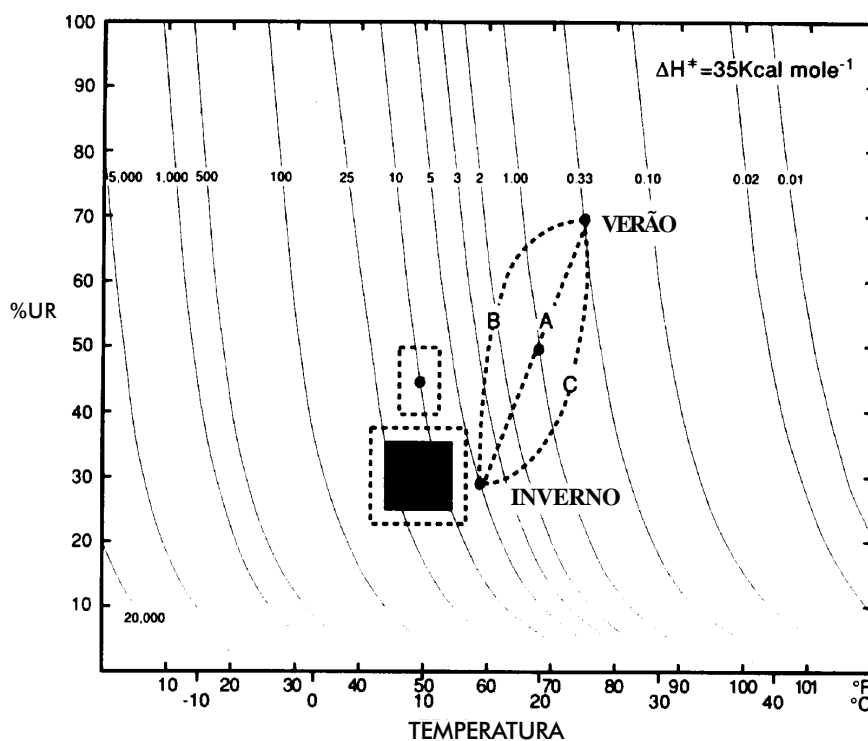
representantes de sindicatos. O diretor obterá informação sobre custos financeiros e operacionais e despesas de manutenção para várias condições; poderá haver um registro de reclamações por parte do público e do corpo técnico sobre condições quentes, frias, úmidas e outras. Os arquitetos poderão indicar potenciais danos estruturais decorrentes das condições de umidade relativa elevada. Quais deveriam ser as recomendações do gerente de preservação?

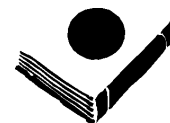
A discussão anterior acerca do desenvolvimento potencial de mofo e dos danos ao papel e na estrutura de livros devido à inflexibilidade seria relevante, mas a escolha feita dentro da faixa de condições possíveis pode afetar a preservação do acervo. Na **Figura 5**, as condições menos favoráveis são observadas na área superior direita, a 24,4° C/60% UR; isto corresponde a um valor de isoperma de 0,33. As condições mais favoráveis à preservação são encontradas no canto esquerdo inferior, a 17,8° C/40% UR, com um valor de isoperma igual a 2,0. Assim, a zona de conforto humano abrange um intervalo em que a permanência varia por um fator de até seis vezes [de 0,33 a 2,0]. Essa informação deve ser passada ao diretor e consultores, e utilizada para corroborar as recomendações do gerente de preservação no estabelecimento de condições de % UR e T baixas.

A **Figura 6** mostra aplicações bastante comuns dos diagramas de isopermas de % UR *versus* T e uma aplicação muito menos óbvia.

Um ponto arbitrariamente selecionado a 10° C/45% UR aparece marcado por uma caixa de linhas pontilhadas que representa as condições de preservação com o sistema de controle ambiental tendo seu ponto de ajuste a 10° C/45% UR e limites de controle de  $\pm 1,7^\circ\text{C}$  e  $\pm 5\%$

**Figura 6.** Diagrama de isopermas mostrando pontos de ajuste ambiental e limites de tolerância. Os pontos de ajuste são mostrados por ●; os intervalos de ajuste por n e limites de tolerância por linhas pontilhadas circundantes. Estão também mostradas as conseqüências, para a permanência, do ciclo anual em condições ambientais de inverno (15,5° C, 30% UR) e de verão (24,5° C, 70% UR), no hemisfério norte.





UR. A isoperma do ponto de ajuste vale 9,6 e as isopermas 6,0 e 15,7 são encontradas nas extremidades da caixa pontilhada correspondentes aos limites de desvio de 11,7° C/50% UR e 8,3° C/40% UR, respectivamente. Desta forma, a escolha destes valores para o ponto de ajuste e para os limites, resulta em um fator de permanência de 15,7/6,0 que é igual a 2,6. O estreitamento dos limites reduzirá a variação de permanência a custos financeiros e operacionais mais elevados, mas a ampliação excessiva dos limites levará, ao final, a condições para uma taxa de deterioração muito elevada.

A escolha dos pontos de ajuste e dos limites de operação, bem como sua conseqüente influência sobre a razão custo-benefício, são mais complicadas que o apresentado até agora. Observando o diagrama de isopermas de %UR *versus* T, vemos que, exceto para valores de %UR muito baixos, as curvas apresentam uma inclinação forte, o que implica que a taxa de deterioração é muito mais sensível a variações de T do que de %UR. No exemplo escolhido de 10° C/45% UR, podemos utilizar a **Figura 5** (ou, para maior precisão, a equação 5) para mostrar as mudanças do valor de isoperma por um fator de 1,13, isto é, de 13% para cada 0,56 graus Celsius na variação de temperatura, mas apenas por um fator de 1,02 (ou 2%) para cada ponto percentual variado na %UR. Quando o fator de deterioração química é considerado isoladamente, o gerente de preservação provavelmente aplicará mais recursos no controle da temperatura que no da umidade relativa. Este julgamento é baseado na observação anterior de que o teor de umidade de livros responde mais lentamente às mudanças ambientais do que a mudança na temperatura. Assim, todas as partes, com exceção das extremidades mais externas de um livro, estariam em equilíbrio com a umidade relativa média, a longo prazo.

A **Figura 6** trata de uma questão colocada na introdução deste texto sugerindo que, por razões econômicas e/ou operacionais, dois pontos de ajuste deveriam ser estabelecidos para a coleção. O primeiro, para meses de inverno, com valores inferiores de %UR e de T e o segundo, para meses de verão, corresponderia a valores mais elevados de %UR e T. As três linhas pontilhadas, conectando as duas condições, representam o percurso ambiental de transição entre elas. Escolhas apropriadas para as duas condições são feitas antecipadamente para fornecer um valor de isoperma médio que se ajuste aos requisitos de preservação. Contudo, as conseqüências de manter a variação cíclica anual devem ser examinadas de forma detalhada, uma vez que tal ciclo é mais complexo do que parece à primeira vista.

Suponha que o ambiente estável seja estabelecido como 20° C/50% UR e que o ciclo anual (irrealisticamente amplo, mas útil para propósitos ilustrativos) seja de  $\pm 4,5^\circ \text{C}$  e  $\pm 20\%$  UR. As condições de verão e de inverno, portanto, são de 24,5° C/70% UR e 15,5° C/30% UR. Estas condições têm valores de isoperma (estimados a partir do diagrama de isopermas de %UR *versus* T ou, mais precisamente, calculados a partir da equação 5) iguais a, respectivamente, 0,29 e 4,3. Se, por ingenuidade, assumirmos que a coleção passa seis meses em cada ambiente, isto é, as condições são abruptamente mudadas do inverno para o verão e que a coleção se equilibra instantaneamente com as novas condições, podemos agora perguntar: como uma coleção submetida a um ciclo de duração de 12 meses irá se comportar, comparativamente às condições constantes de 20° C/50% UR?

Nossa primeira observação é que as condições de verão resultam em uma taxa de deterioração  $1,0/0,29$ , que é 3,5 vezes maior que a observada para as condições estáveis, enquanto que as condições de inverno proporcionam um fator de decréscimo na taxa de deterioração igual a  $4,3/1,0 = 4,3$ . A partir disto, podemos concluir (incorretamente!) que (desconsiderando-se qualquer economia potencial de custos) o ciclo resulta em uma maior preservação para a coleção. Esta avaliação incorreta é aparentemente reforçada quando se toma a média das duas isopermas,  $(4,3 + 0,29)/2 = 2,3$ , que sugere um aumento da permanência por um fator maior que 2.

A chave para um entendimento *correto* dos efeitos do ciclo é melhor visualizada através de uma analogia com automóveis. Suponha que um carro seja guiado por duas horas, de duas maneiras distintas: na primeira, ele é dirigido por duas horas a uma velocidade constante de 50 km/h; na segunda, ele roda por uma hora a uma velocidade quatro vezes superior à de 50 km/h [200 km/h] e, em seguida, por uma hora a uma velocidade correspondente a  $\frac{1}{4}$  da velocidade de 50 km/h [12,5 km/h]. Quantos quilômetros (quanta deterioração do papel ocorre) nas duas situações? No caso da velocidade constante, nós temos  $2 \times 50 = 100$  quilômetros, mas, no segundo, temos  $1 \times 200 + 1 \times 12,5 = 212,5$  quilômetros. De forma similar, a deterioração aproximadamente quatro vezes maior para os seis meses de verão não é compensada pelos seis meses de inverno a uma taxa de deterioração correspondente a  $\frac{1}{4}$  daquela nas condições estáveis e, de fato, (utilizando nossa analogia com os automóveis) nós podemos antecipar aproximadamente o dobro de deterioração.

Os valores sazonais de isoperma, de verão e inverno, iguais a 0,29 e 4,3 podem ser utilizados para calcular uma taxa de deterioração média anual e um valor médio (correto!) de isoperma, recordando que a deterioração relativa é o inverso da permanência relativa ou valor de isoperma. Assim, as taxas de deterioração do verão e do inverno são iguais a  $1/0,29 = 3,5$  e  $1/4,3 = 0,23$ , o que fornece uma taxa de deterioração média anual de  $(3,5 + 0,23)/2 = 1,9$ , que, por sua vez, corresponde a um valor de isoperma de  $1/1,9 = 0,5$ . Os cálculos de valores de isoperma médios para outros períodos de tempo e condições ambientais sazonais obedecem a este mesmo método "inverso-inverso" de cálculo de média.

Este exame de ciclos tem implicações bem mais amplas para a preservação de coleções, uma vez que mostra que qualquer alteração das condições moderadas estabelecidas para as de rápida deterioração, mesmo que por períodos de tempo relativamente curtos, resulta em mais deterioração do que inicialmente se poderia esperar. Recordando nosso exemplo anterior, mesmo uma breve exposição da coleção ao ambiente quente, úmido e com vazamento na tubulação de vapor, reduz muito sua expectativa de vida útil.

Retornando à **Figura 6**, podemos desenvolver uma estratégia para a transição entre duas condições sazonais que possa, em alguma extensão, mitigar estes efeitos de ciclo. A trajetória A é como o exemplo discutido acima, exceto pelo fato de que a transição ocorre ao longo de um período de semanas ou meses, com a %UR e a T variando a uma velocidade constante. A trajetória B também se desloca uniformemente ao longo do tempo, mas ao passar das condições do inverno para as condições de verão e vice-versa, o índice de variação da temperatura é modificado de forma que, a maior parte do ano, a coleção permaneça sob valores elevados de isoperma e, conseqüentemente, tenha sua permanência aumentada. Passando das condições de verão para as de inverno, nós diminuimos a temperatura tão rapidamente quanto possível, permitindo que a umidade relativa varie mais lentamente;



indo das condições de inverno para as de verão, nós fazemos o inverso — mantemos a coleção em clima frio pelo maior tempo possível e então elevamos a temperatura rapidamente. A trajetória B é também a mais facilmente realizável na prática, uma vez que, como já foi observado, as temperaturas de livros respondem mais rapidamente a variações ambientais do que o seu teor de umidade. A trajetória C resulta em mais deterioração que as trajetórias A ou B.

A **Figura 6** também mostra um bloco retangular inserido em uma caixa pontilhada que ao invés de retratar uma zona de conforto humano, é a representação da faixa das condições de T e %UR especificadas como um critério. Uma biblioteca pode obedecer a este critério estabelecendo um ponto de ajuste em qualquer parte da caixa sólida, com a linha pontilhada indicando o desvio máximo de T e %UR permitido a partir do ponto de ajuste. As implicações para preservação de uma norma técnica específica podem ser verificadas seguindo-se os procedimentos já descritos.

Um dos problemas mais difíceis que se apresenta ao gerente de preservação é escolher os pontos de ajuste, faixas de operação e padrões de ciclo para o ambiente de coleção, especialmente quando as escolhas devem ser feitas a partir de normas técnicas alternativas (e, por vezes, até mesmo conflitantes). O exemplo seguinte descreve uma situação deste tipo, com uma análise que ilustra o papel que as isopermas podem desempenhar na compreensão e quantificação das várias questões de preservação.

Um grupo de especialistas em conservação, após discutirem exaustivamente e fazendo uso da informação científica disponível, bem como de suas experiência prática, propõe o conjunto de condições de armazenamento apresentado na **Tabela 1**. Várias distinções gerais e categorias foram estabelecidas: materiais encadernados foram diferenciados daqueles não encadernados; uma coleção para preservação foi identificada como distinta do acervo global. Foram permitidas condições ambientais diárias e anuais diferentes, bem como especificações para a taxa de variação entre elas. Foram descritas também condições de armazenamento com temperatura muito baixa (presumivelmente para coleções especiais). Foram propostas normas técnicas alternativas para permitir que custos e outras considerações práticas sejam levadas em consideração nas decisões finais. O desafio para o gerente de preservação é compreender detalhadamente aquilo que está sendo proposto e a maneira de implementar a norma técnica apropriada.

O exame da **Tabela 1**, ainda que por uns poucos minutos, suscita algumas questões e aspectos que não são facilmente tratados pela própria proposta: quão 'boas' são as várias normas técnicas propostas para a coleção geral? Quanto elas estão inter-relacionadas em valor de permanência? Com que base podemos escolher uma delas? As condições ambientais propostas para a coleção parecem 'melhores', mas em que medida? Uma vez que a distinção entre material encadernado e não-encadernado provavelmente expressa preocupações com tensões exercidas sobre a estrutura da encadernação, as normas técnicas mostram diferenças que refletem considerações estruturais? É a temperatura ou o percentual de umidade relativa que as normas técnicas apontam como tendo maior impacto sobre estruturas de encadernação? Pode-se estimar uma razão custo-benefício para as normas técnicas alternativas? Alguma norma técnica é compatível com os requisitos de conforto e segurança do corpo técnico e dos usuários? O gerente de preservação pode suscitar questões e itens antes de recomendar um plano de ação.

### A. Faixa de Ponto de Ajuste

Coleção Geral				Coleção para Preservação			
Registros Encadernados		Registros Não-Encadernados		Registros Encadernados		Registros Não-Encadernados	
Temp., ° C	%UR	Temp., ° C	%UR	Temp., ° C	%UR	Temp., ° C	%UR
18,3 - 21,1	40 - 55	18,3 - 21,1	25 - 35	12,8 - 18,3	30 - 40	12,8 - 18,3	25 - 30
				7,2 - 12,8	25 - 35	7,2 - 12,8	25 - 30
				1,7 - 7,2	20 - 25	1,7 - 7,2	20 - 25
				- 17,7	20 - 25*	- 17,7	20 - 25*

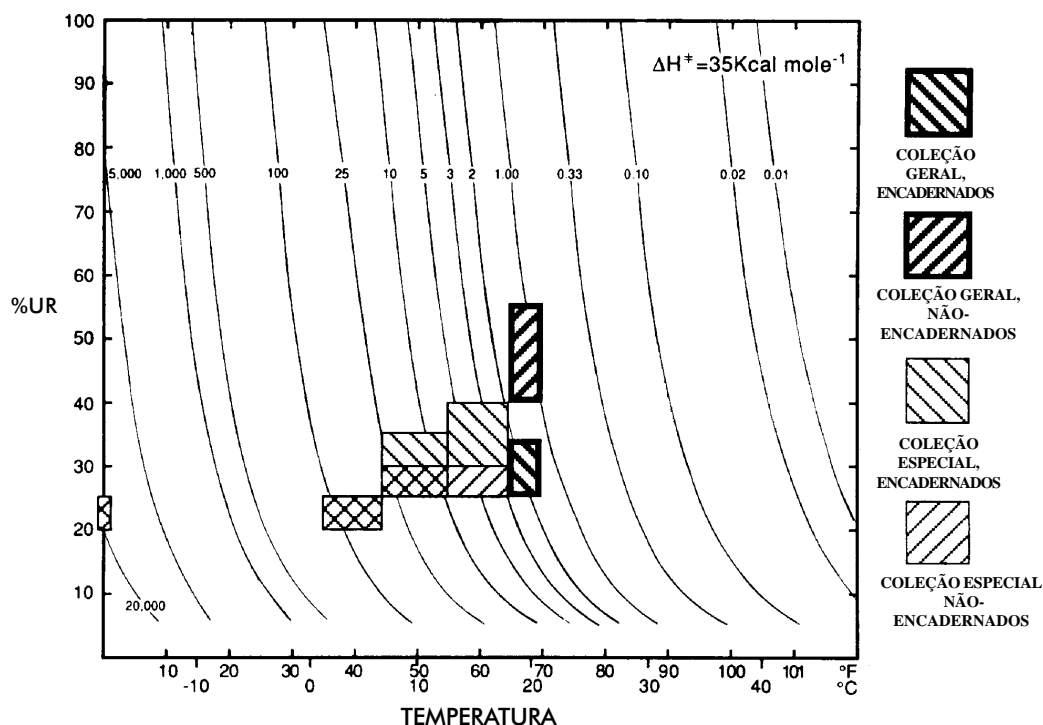
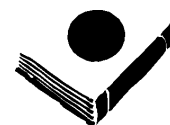
\* Hermeticamente selados nesta %UR antes da redução da temperatura para -17,7° C.

### B. Tolerâncias para Pontos de Ajuste

Coleções Geral e para Preservação		
Diária	± 1,1° C	± 3% UR
Anual	± 1,1° C	± 5% UR
Variação máxima por mês		

**Tabela 1.** Condições ambientais ilustrativas referentes às propostas para o armazenamento de documentos de papel.

A **Figura 7** exibe as diferentes normas técnicas propostas na **Tabela 1** sobre um diagrama de isopermas de %UR *versus* T. Algumas das relações e as várias normas técnicas propostas são evidentes, enquanto que respostas às questões prévias estão claramente retratadas: materiais não encadernados podem ser mantidos a umidades relativas inferiores, embora algumas normas técnicas proponham idênticas (isto é, no diagrama) condições de armazenamento sobrepostas. A coleção geral, seja a parte composta de registros encadernados ou aquela de não-encadernados, é armazenada sob condições menos favoráveis que as da coleção especial (prioridade de preservação). De fato, pode-se perguntar se aquelas condições são adequadas, uma vez que o valor de isoperma máximo para a parte da coleção geral composta de encadernados é igual a 1,8. Por outro lado, alguns valores de isoperma da coleção especial parecem muito elevados — o armazenamento a 1,7° C/20% UR tem um valor de isoperma igual a 150. Sob tais condições, um papel com tempo de vida de 75 anos a 20° C/50% UR teria uma expectativa de vida superior a 10 mil anos. Ainda mais questionável, talvez seja a norma técnica que propõe o armazenamento a -17,7° C/25% UR. Até mesmo um papel com uma vida curta de, digamos, cinco anos, teria uma expectativa de vida, com base no valor de isoperma de 15 mil, de 75 milênios! Mesmo permitindo-se uma maior flexibilidade no valor de isoperma devido à pressão extrema sobre as suposições e aproximações no método das isopermas, é questionável se tais condições de armazenamento podem ser economicamente justificadas e se sabemos o suficiente sobre condições de armazenamento selado e como nestas condições ocorre a deterioração.



**Figura 7.** Diagrama de isopermas referente às propostas para o armazenamento de documentos de papel ilustrando os pontos de ajustes e seus limites (Tabela 1).

Os diagramas de isopermas de %UR *versus* T, obviamente, não *tomam* decisões, mas a figura 7 ilustra como eles podem, por sua conveniência e seus aspectos quantitativos, fornecer informações para auxiliar os gerentes de preservação na tomada de decisões.

A partir dos exemplos apresentados e das situações consideradas, seria fácil presumir que os conceitos de isoperma são aplicáveis, apenas, em instituições com quadros numerosos de pessoal e sistemas de climatização sofisticados. De fato, o método das isopermas pode ser útil para instituições com reduzido quadro de pessoal, onde tais sistemas não existem e o controle ambiental seja mais difícil de ser realizado. Os exemplos servem tanto para uma instituição histórica muito pequena, com poucos livros, cartas e jornais, que abre apenas no verão e permanece fechada e sem aquecimento nos meses de inverno, como para uma biblioteca ou cartório de médio ou grande porte, com aquecimento adequado (ou excessivo) no inverno e portas e janelas abertas no verão<sup>7</sup>. Em alguns casos, um quadro de pessoal pequeno pode significar que o diretor tenha que assumir o papel de gerente de preservação, bem como muitos (talvez todos) outros. Como as isopermas podem ajudar nesses casos?

A maior barreira à melhoria no ambiente de preservação talvez seja a incapacidade de se avaliar o estado de preservação atual e de se determinar se (e de que forma) eventuais modificações podem

<sup>7</sup> O autor refere-se às condições climáticas para países do hemisfério norte.

vir a melhorar este estado. [O conhecimento das conseqüências na preservação de acervos (obtido a partir dos diagramas de isopermas) alterando apenas uns poucos graus na temperatura] pode proporcionar a motivação adicional para se realizar estas alterações e outras mudanças.

O primeiro passo (se ainda não foi dado) é medir a temperatura e o percentual de umidade relativa em várias áreas das coleções, ao longo de todo ano. Se os dados de T e %UR forem transferidos para um diagrama de isopermas (mesmo à medida em que estiverem sendo coletados), poderão ser obtidos padrões de comportamento dos valores de permanência. Com certeza grandes diferenças destes padrões aparecerão entre as condições de verão e de inverno. Provavelmente, haverá padrões diferentes para áreas próximas a janelas, quando elas estiverem abertas ou fechadas, áreas próximas e distantes de dutos de aquecimento, locais na sombra e sob luz solar direta, salas orientadas para o sul e o oeste em comparação com aquelas orientadas para o leste e o norte, andares distintos e sótão e porão — são alguns exemplos gerais.

Estes diagramas fornecem, antes de tudo, uma estimativa quantitativa da situação vigente de preservação, que pode ser comparada às normas técnicas aceitas. Poderão surgir surpresas agradáveis e desagradáveis. Quanto às atitudes a serem tomadas para melhorar as condições, elas dependem de cada situação, mas algumas possibilidades podem ser consideradas: se for verificado que salas distintas têm áreas com valor de isoperma diferentes, é possível transferir os materiais da coleção mais sensíveis à temperatura e à umidade relativa para salas onde o valor de isoperma for superior. Pode-se alterar a abertura e fechamento de janelas, utilizar-se toldos ou proteções contra a luz solar direta, ou deixar entrar o ar fresco da noite através de pequenas janelas ou ventiladores centrais. Os resultados de %UR e de T destes experimentos, transferidos a um diagrama de isopermas, podem medir o quanto de melhoria — se é que houve alguma — foi alcançado nas condições de armazenamento. A utilização de um ventilador central durante a noite ou de um ar condicionado pequeno, de janela, desde que não cause mudanças drásticas no ambiente, pode reduzir suficientemente temperaturas de pico durante o verão, diminuindo (conforme foi visto anteriormente nas alterações do ciclo anual) o impacto sobre as condições de preservação.

Os diagramas de isopermas para as inspeções de condições, juntamente com os diagramas mostrando os efeitos de alterações já feitas e aquilo que ainda necessita ser feito, podem ser ferramentas úteis para se obter apoio adicional de benfeitores locais e fundações. O conhecimento quantitativo do estado de preservação do acervo pode ser uma motivação poderosa para criar um plano de ação.

## Valores numéricos de isopermas

É apropriado, neste ponto, agora que o conceito de isoperma e algumas de suas aplicações estão claros, examinar com mais detalhe os fatores que afetam os valores numéricos das isopermas. Os valores obtidos até agora surgem a partir de escolhas de parâmetros e suposições que, apesar de úteis para propósitos ilustrativos e explicativos, podem não ser os mais representativos para uma determinada coleção. A discussão que segue ilustra como as suposições associadas às isopermas (e, portanto, as equações 4 e 5 e os diagramas de isopermas de %UR *versus* T) podem ser modificadas para incorporar novas informações experimentais.

No desenvolvimento da equação 4, a dependência da taxa de deterioração com a %UR foi considerada como linear e, portanto, a taxa de deterioração relativa sob duas condições distintas de %UR também é linear. Isto é matematicamente expresso na equação 2 elevando-se a razão das %UR à primeira potência.





$$\frac{\text{taxa de deterioração}_2}{\text{taxa de deterioração}_1} = \frac{\%UR_2}{\%UR_1} = \left( \frac{UR_2}{UR_1} \right)^{1,00} \quad (2A)$$

Alguns estudos sugerem que a taxa de deterioração é mais sensível à umidade relativa do que descreve a dependência linear. Para alguns papéis nas faixas intermediárias de % UR (30-60%), a dependência pode ser com a potência de **1,4**, em vez de **1,0**; desta forma, o componente referente à umidade relativa da equação 5 seria o seguinte:

$$\left( \frac{UR_1}{UR_2} \right)^{1,4} \text{ em lugar de } \left( \frac{UR_1}{UR_2} \right)^{1,0}$$

A conseqüência desta mudança para o diagrama de isopermas de %UR *versus* T seria a diminuição, em alguma extensão, do ângulo de inclinação de cada linha isoperma. Nós podemos estimar a magnitude deste efeito para os limites de % UR prováveis de serem encontrados em uma coleção controlada por um sistema de climatização (30-60% UR). A contribuição da umidade relativa para o valor de isoperma tornar-se-ia

$$\left( \frac{60}{30} \right)^{1,4} = 2,6 \text{ em lugar de } \left( \frac{60}{30} \right)^{1,0} = 2,0$$

Uma alteração de valor desta magnitude, isto é, de 30%, por si só significativa, pode não afetar uma decisão gerencial baseada em diferenças de expectativa de vida da ordem de 200-300% ou mais.

Mais significativa ainda é a seleção de um valor apropriado de  $\Delta H^{\#}$ . Como pode ser visto pela comparação das figuras 2 e 3, a diferença entre valores de isoperma para  $\Delta H^{\#}$  de 25 e 35 Kcal é substancial, especialmente para grandes mudanças de temperatura. O valor de 35 Kcal utilizado nos exemplos foi selecionado, em parte, por resultar em diferenças maiores e mais facilmente reconhecíveis, embora seja ainda um valor apropriado para muitos papéis. A escolha precisa de um valor particular de  $\Delta H^{\#}$  dependerá, em grande extensão, dos [tipos de] papéis específicos na coleção, bem como da maneira em que estão acondicionados (livros encadernados, manuscritos encaixotados, jornais e assim por diante). Pelo menos para algumas destas coleções, um valor de  $\Delta H^{\#}$  igual a 25 Kcal pode ser apropriado, de forma que o diagrama de isopermas de %UR *versus* T da **Figura 3** pode ser mais adequado que o da **Figura 2**. Os valores numéricos de isopermas discutidos nas ilustrações dos artigos técnicos *não* deveriam ser tomados necessariamente como os melhores para todas as situações. O gerente de preservação, antes de tomar decisões e alocar fundos para gastos, deveria buscar o aconselhamento de especialistas ou analisar cuidadosamente a literatura mais recente. De fato, a necessidade de dados mais específicos sobre a dependência da temperatura foi reconhecida pela comunidade de preservação e propostas foram feitas para que a realização de tais estudos possam conduzir à obtenção de mais informação.

Enquanto espera por estes estudos e pelo aconselhamento especializado, o gerente de preservação pode explorar as conseqüências sobre a preservação utilizando ambos os diagramas de isopermas com os valores de  $\Delta H^\ddagger$  iguais a 25 e 35 Kcal. Tal comparação mostrará as diferenças em valor de isoperma associadas a este intervalo de valores de  $\Delta H^\ddagger$  e sugerirá se as diferenças são grandes o suficiente para afetar significativamente sua decisão.

Uma outra abordagem ainda mais cautelosa e conservadora seria a utilização do diagrama de %UR *versus* T com  $\Delta H^\ddagger$  igual a 35 Kcal para valores de isoperma inferiores a 1,0 e o diagrama com  $\Delta H^\ddagger$  igual a 25 Kcal para valores de isoperma superiores a 1,0. Isto teria o efeito de aumentar (exageradamente?) os previsíveis resultados nocivos das temperaturas mais elevadas e de diminuir (subestimando?) as conseqüências para a expectativa de vida decorrentes da diminuição da temperatura. Apesar de tais aproximações poderem ser suficientes para subsidiar uma decisão gerencial, elas não podem, obviamente, fornecer a confiança inspirada pelo desenvolvimento e utilização dos valores de isoperma mais apropriados a uma dada coleção.

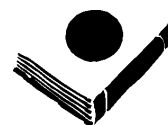
## Resumo

Este estudo começou com uma breve revisão dos fatores químicos e físicos associados à deterioração do papel. Estes foram, em seguida, combinados com algumas aproximações arbitradas e definições para a obtenção de uma isoperma — uma medida gráfica quantitativa de permanência relativa. Foram então utilizados gráficos para descrever e analisar um número de situações e sistemas. O objetivo desta publicação é proporcionar uma linguagem ou um dispositivo que colabore na compreensão de questões sobre preservação e auxilie a tomada de decisões gerenciais.

Estudos para desenvolvimento do método das isopermas, através da medição de valores de  $\Delta H^\ddagger$  para grandes quantidades e diferentes tipos [de papel], estão em andamento. Informações mais detalhadas sobre a relação entre a umidade relativa e o teor de umidade [do papel] e a taxa de deterioração estão sendo coletadas, bem como dados sobre os efeitos de ciclos de umidade relativa e temperatura. O conceito de isoperma está sendo usado para outros suportes como fita magnética, tecidos e, conforme foi mencionado anteriormente, sua aplicação para filmes já foi realizada pelo *Image Permanence Institute*.

Uma análise anterior dos efeitos da desacidificação e do aumento de resistência do papel sobre sua permanência é também relevante. A desacidificação, como o controle ambiental, aumenta o tempo de vida dos papéis pela redução da taxa de deterioração química. A análise não apenas quantifica as conseqüências da desacidificação, como também descreve os efeitos sinérgicos poderosos da combinação de modos distintos de redução da taxa de deterioração; por exemplo, uma redução de três vezes resultante da mudança ambiental, combinada a uma extensão do tempo de vida de quatro vezes decorrente da desacidificação de papéis ácidos, resultaria em um aumento de permanência de um fator igual a 12.

Numa veia mais especulativa, parece que a preservação e o seu gerenciamento podem estar entrando num novo estágio de desenvolvimento na medida em que técnicas e modelos de análise quantitativa podem ser utilizados para ajudar na tomada de decisões gerenciais de preservação. Nós podemos estar vislumbrando a formação de uma disciplina ou subdisciplina com o nome de *métrica da preservação* — como a econometria nas ciências econômicas. As isopermas podem ser uma das medidas que serão de utilidade na métrica da preservação.



## Leituras e referências

Arney, J.; Novak, C. *Technical association of pulp and paper industry*, v. 65, no. 113, 1982. Esta publicação e outra anterior de autoria de Arney fornecem uma introdução parcial para a química detalhada da deterioração do papel.

Bansa, H.; Hofer, H. *Das papier*, v. 34, no. 348, 1980. Uma publicação inicial de uma série contínua sobre as características de 'usabilidade' de papéis envelhecidos: acentua a relação de testes científicos com observações e uso do ponto de vista de bibliotecários e conservadores.

Crock, D. M.; Bennett, W. E. *The effect of humidity and temperature on the physical properties of paper*. Surrey, The United Kingdom: British Paper and Board Industry Research Association, 1962. Um estudo abrangente ainda valioso dos efeitos da umidade e do ambiente sobre uma ampla gama de papéis.

Fellers, C.; Iverson, T.; Lindstrom, T.; Nilson, T.; Rydahl, M. *Aging/degradation: a literature survey*. Report number 1E, Fou-projektet for papperskonservering, Stockholm, 1989. Uma revisão recente dos fatores que afetam o envelhecimento e a degradação do papel. O primeiro de uma série contínua de excelentes publicações sobre estes assuntos.

Luner, P. *Wood science technology*, v. 22, no. 81, 1988. Avalia a permanência do papel por vários métodos.

Sebera, D. K. A graphical representation of the relationship of environmental conditions to the permanence of hygroscopic materials and composites. In: *Proceedings of conservation in archives: International Symposium*, Ottawa, Canada, May 10-12, 1988. Paris, France: International Council on Archives, 1989. Uma exposição anterior do conceito de isoperma e de seus princípios e suposições subjacentes.

Sebera, D. K. The effects of strengthening and deacidification on paper permanence: part 1 - Some fundamental considerations. In: *Book and Paper Group Annual*, Washington, D.C., v. 9, no. 65-117, 1990.

Smith, R. D. *Library quarterly*, v. 39, no. 153, 1969. Uma introdução antiga, mas ainda valiosa, para a relação do pH e das condições ambientais com a impermanência do papel.

**O Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos - CPBA**

está sediado no  
Arquivo Nacional  
Rua Azeredo Coutinho 77, sala 605 - C  
CEP 20230-170 Rio de Janeiro - RJ  
Tel/Fax: (21) 2253-2033  
[www.cpba.net](http://www.cpba.net)  
[www.arquivonacional.gov.br](http://www.arquivonacional.gov.br)

***The Council on Library and Information Resources - CLIR***  
(incorporando a antiga ***Commission on Preservation and Access***)  
1755 Massachusetts Avenue, NW, Suite 500  
Washington, DC 20036  
Tel: (202) 939-4750  
Fax: (202) 939-4765  
[www.clir.org](http://www.clir.org)

## Títulos Publicados

### Armazenagem e manuseio

1. Métodos de armazenamento e práticas de manuseio
2. A limpeza de livros e de prateleiras
3. A escolha de invólucros de qualidade arquivística para armazenagem de livros e documentos
4. Invólucros de cartão para pequenos livros
5. A jaqueta de poliéster para livros
6. Suporte para livros: descrição e usos
7. Montagens e molduras para trabalhos artísticos e artefatos em papel
8. Mobiliário de armazenagem: um breve resumo das opções atuais
9. Soluções para armazenagem de artefatos de grandes dimensões

### Conservação

10. Planificação do papel por meio de umidificação
11. Como fazer o seu próprio passe-partout
12. Preservação de livros de recortes e álbuns
13. Manual de pequenos reparos em livros

### Melo Ambiente

14. Temperatura, umidade relativa do ar, luz e qualidade do ar: diretrizes básicas de preservação
15. A proteção contra danos provocados pela luz
16. Monitoramento da temperatura e umidade relativa
17. A proteção de livros e papéis durante exposições
18. Isopermas: uma ferramenta para o gerenciamento ambiental
19. Novas ferramentas para preservação-avaliando os efeitos ambientais a longo prazo sobre coleções de bibliotecas e arquivos

### Emergências

20. Planejamento para casos de emergência
21. Segurança contra as perdas: danos provocados por água e fogo, agentes biológicos, roubo e vandalismo
22. Secagem de livros e documentos molhados
23. A proteção de coleções durante obras
24. Salvamento de fotografias em casos de emergência
25. Planilha para o delineamento de planos de emergência
26. Controle integrado de pragas
27. A proteção de livros e papel contra o mofo
28. Como lidar com uma invasão de mofo: instruções em resposta a uma situação de emergência
29. Controle de insetos por meio de gases inertes em arquivos e bibliotecas

### Planejamento

30. Planejamento para preservação
31. Políticas de desenvolvimento de coleção e preservação
32. Planejamento de um programa eficaz de manutenção de acervos
33. Desenvolvimento, gerenciamento e preservação de coleções
34. Seleção para preservação: uma abordagem materialística
35. Considerações complementares sobre: "Seleção para preservação: uma abordagem materialística"
36. Implementando um programa de reparo e tratamento de livros
37. Programa de Planejamento de Preservação: um manual para auto-instrução de bibliotecas

### Edifício/Preservação

38. Considerações sobre preservação na construção e reforma de bibliotecas: planejamento para preservação

### Fotografias e filmes

39. Preservação de fotografias: métodos básicos para salvaguardar suas coleções
40. Guia do Image Permanence Institute (IPI) para armazenamento de filmes de acetato
41. Indicações para o cuidado e a identificação da base de filmes fotográficos

### Registros sonoros e fitas magnéticas

42. Armazenamento e manuseio de fitas magnéticas
43. Guarda e manuseio de materiais de registro sonoro

### Reformatação

44. O básico sobre o processo de digitalizar imagens
45. Microfilme de preservação: plataforma para sistemas digitais de acesso
46. O processo decisório em preservação e fotocopiagem para arquivamento
47. Controle de qualidade em cópias eletrostáticas para arquivamento
48. Microfilmagem de preservação: um guia para bibliotecários e arquivistas
49. Do microfilme à imagem digital
50. Uma abordagem de sistemas híbridos para a preservação de materiais impressos
51. Requisitos de resolução digital para textos: métodos para o estabelecimento de critérios de qualidade de imagem
52. Preservação no universo digital
53. Manual do RLG para microfilmagem de arquivos