

Economia térmica na máquina de papel

MFN -0651

N CHAMADA:

TITULO: Economia térmica na máquina de papel

AUTOR(ES): MARTINS, C.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 17

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 19-23.11.1984

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1984, ABTCP

PAG/VOLUME: p.741-756, v.2

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 17, 1984, São Paulo, v.2,
p.741-756

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR:

RESUMO:

ECONOMIA TÉRMICA NA MÁQUINA DE PAPEL

Martins, C.

Jaakko Pöyry Engenharia Ltda. - São Paulo - Brasil



1. Introdução

Com o advento da crise energética em 1973 e consequente aumento dos custos, tornou-se compulsória a implementação de efetivos programas de economia e conservação de energia na indústria de celulose e papel a nível mundial. No Brasil, estes programas foram parcialmente incluídos no esforço governamental para reduzir a dependência energética que tem sido basicamente substituição de combustível fóssil importado, petróleo, por combustíveis ou fontes alternativas de energias não dependentes de importações. A elevação do custo principalmente da energia térmica tem sido na prática consequência da brutal elevação do preço do óleo combustível, evidenciado pelo Gráfico 1, em US\$ de Jul./1984, US\$ 40,00/t em 1973 a US\$ 183,00/t em 1984. A elevação do custo médio da energia elétrica não se mostra acentuada, tendo variado entre US\$ 20,00/MWh e US\$ 25,00/MWh no período entre 1973-1984, em valores correntes a nível de Jul./1984, conforme o Gráfico 1A.

2. Perfil Sumário de Consumo de Energia Térmica e Elétrica na Indústria de Papel e Celulose

Os gráficos 2 e 3 apresentam uma distribuição típica quanto a demanda de energia térmica e elétrica para uma fábrica de celulose para 240 000 ADMT/ano e uma fábrica de papel imprensa para 150 000 anuais de papel.

Como se verifica pelos gráficos citados, a secagem de papel e secagem de polpa, são importantes consumidoras de energia térmica.

3. Conservação e Economia de Energia

Conservação de Energia é um conceito que deve ser objetivamente definido, sendo diferente de Economia de Energia. Conservação de Energia é utilização mais eficiente da energia, ou seja, uma máxima utilização minimizando as perdas. A recuperação de calor de um fluxo de ar aquecido da exaustão de uma capota de máquina de papel para pré-aquecimento de ar de insuflamento caracteriza um procedimento de Conservação de Energia. A diminuição do grau de refinagem de uma polpa, com consequente menor aplicação de energia elétrica, caracteriza

um procedimento para Economia de Energia, visto que o trabalho efetuado sobre a fibra também reduziu-se.

4. Conservação de Energia em Máquina de Papel

Para efeito deste trabalho, iremos considerar somente a conservação de Energia Térmica, tendo em vista a sua maior importância relativa.

A demanda de energia térmica em uma máquina de papel oscila entre 4,3 a 10 GJ/ton de produto. Esta grande variação de demanda de energia térmica para secagem de papel é decorrência em última análise do teor sêco de entrada e saída nos secadores, temperatura da folha na entrada, eficiência dos secadores e capota, grau de reutilização de água branca, reutilização de calor secundário, etc.

4.1 Teor Sêco na Entrada dos Secadores

Teor sêco na entrada dos secadores, é de longe o fator determinante na demanda de energia térmica na secagem das máquinas de papel. A economia possível de energia térmica fica bem evidente na Tabela I - Economia Potencial - Aumento do teor sêco da fôlha, em uma máquina de papel imprensa.

Tabela I - Economia Potencial - Aumento do Teor Sêco da Fôlha

Economia de Calor			
% de aumento no teor sêco	US\$/ ton de papel	kg de vapor por ton.de papel	US\$/ano
1	1,20	100	120 000
2	2,88	240	288 000
3	4,80	400	480 000
4	6,24	520	624 000
5	7,56	630	756 000
6	9,00	750	900 000

Custo do vapor = 12,00 US\$/ ton

Produção anual = 100 000 ton

O aumento do teor sêco na entrada dos secadores só pode ser conseguido através de melhor desempenho das prensas, desempenho este associado a fatores tais como: configuração de prensas, tipos de prensas, pressões lineares, velocidade de operação, comportamento de vestimentas, teor sêco antes das prensas, peso básico e temperatura da folha.

As figuras 1 e 2 apresentam as configurações de prensas Twinver e prensa Tri-Nip. A prensa Twinver é provavelmente uma das prensas mais difundidas e que vem sendo gradativamente substituída pela nova configuração Tri-Nip. As prensas Tri-Nip podem melhorar o teor sêco da folha em até 2% o que representa, de acordo com a tabela I,

uma economia de até 288 000 US\$/ano para uma produção de 100 000 ton/ano. Este melhor desempenho pode ser creditado a um primeiro nip duplamente feltrado. Devemos considerar um acréscimo de energia elétrica pela maior demanda de vácuo na prensa Tri-Nip. Este acréscimo será da ordem de US\$ 50 000/ano considerando o custo médio do MWh - em US\$ 24 000. Para o perfil de idade cronológica e técnica das máquinas de papel do Brasil, acredita-se que substanciais economias poderão ser obtidas com reformas de prensas existentes ou eventuais substituições.

4.2 Redução do Teor Sêco da Folha Após Secagem

O papel às vezes é produzido com teor sêco após secagem excessivamente alta, afim de se obter uma folha plana. A remoção de água da folha torna-se mais difícil à medida que o teor sêco aumenta, havendo necessidade de maiores áreas de secagem ou maiores pressões, ocorrendo conseqüentemente maiores perdas decorrentes de radiação e convecção e conseqüentemente maiores demandas de energia térmica por tonelada de produto. A redução do teor sêco da folha após secagem, além de reduzir o consumo de energia térmica, permite também o benefício da redução no consumo de matérias primas tais como celulose, cargas, corantes e outros produtos químicos. Uma possível redução do teor sêco após secagem só é possível com efetivos controles computarizados. Excluindo a economia da matéria prima, os benefícios da redução do teor sêco após secagem equivalem a aumento do teor sêco após prensas, conforme tabela I.

4.3 Secagem

Da demanda total de energia na máquina de papel, em média mais de 85% é consumida na secagem. É evidente que grande parte desta demanda é inerente ao processo e mesmo com a máxima eficiência, a secagem será a maior consumidora de energia térmica em uma máquina de papel. Estima-se que um grande número de máquinas de papel consomem na secagem até 10 vezes mais energia que nas prensas. Excluindo ações já preconizadas em itens anteriores, que reduzem significativamente a carga na secagem, medidas adicionais podem ser preconizadas visando uma eficiência nos sistemas de secagem expostos na seguinte:

4.3.1 Capotas Fechadas

Um número elevado de máquinas de papel possuem somente uma coifa para simples extração da condensação ou capotas abertas. O fechamento da secagem com capotas reduz o volume de ar requerido até de 40% do volume necessário para uma capota aberta, possibilitam temperaturas mais elevadas facilitando recuperação de calor no pré-aquecimento de ar e água, e reduzem as perdas por radiação. Além disto melhoram o ambiente de trabalho. Aumentos de eficiências com capotas fechadas têm sido reportados, variando entre 3 e 10%.

Reutilização de Ar

A quantidade de ar utilizada e movimentada no edifício de uma máquina de papel é elevadíssima, da ordem de 5-6 vezes o volume do edifício da máquina em uma hora. Obviamente o ar necessário para ventilação nas áreas de operação deve ser ar fresco, por uma questão de conforto dos operadores. Este volume de ar deve ser reusado em outras aplicações, ou seja nos tetos falsos e capotas. Esta reutilização pode possibilitar aproximadamente uma economia de cerca de 25 000 kcal/t de papel, considerando um ΔT do ar de 10°C.

Recuperação de Calor para Aquecimento de Água

A quantidade de calor necessário para aquecimento de água e respectivos custos estão indicados nos Gráficos 4 e 5. Uma capota tem um excesso de calor sendo lançado na atmosfera pelo sistema de exaustão - da ordem de 1 200 Mcal/t. Toda a água fresca necessária pode ser aquecida direta ou indiretamente usando-se parte do calor de exaustão da capota. O aquecimento de 7 200 l/t de papel proporciona uma reutilização de aproximadamente 144 000 kcal/t de papel fabricado, considerando-se um ΔT de 20°C.

Recuperação do Calor para Pré-Aquecimento do Ar de Ventilação de Bolsas

Tendo em vista o alto conteúdo térmico da exaustão da capota e o favorável diferencial de temperatura, a sua recuperação é perfeitamente exequível pelo pré-aquecimento de ar para a ventilação de bolsas e tetos falsos. De uma capota fechada pode-se recuperar cerca de 240 Mcal/ton de papel para pré-aquecimento do ar da ventilação de bolsas. A Tabela II, na sequência, sumariza o desempenho de uma secagem com capota aberta, versus capota fechada.

Tabela II - Desempenho de Capotas Abertas e Fechadas

	Capota Aberta	Capota Fechada
Ventilação de bolsa		
- Aquecimento do ar	177 000	50 000
- Evaporação	25 000	12 500
- Flash	89 000	12 500
Cilindros Secadores		
- Condensador do sistema de vapor e condensado	252 000 *	-o- **
- Aquecimento do ar	171 000	71 000
- Vasamentos	151 000	76 000
- Radiação	75 000	50 000
- Folha de papel	18 000	18 000
- Evaporação	781 000	793 000
Total kcal/ton	<u>1.739 000</u>	<u>1.083 000</u>

* Água quente não utilizada

** Água quente reutilizada

5. Resumo Sumário

A conservação de energia em uma máquina de papel envolve um elenco de ações que vai desde treinamento e conscientização de pessoal até radicais modificações de processo. De maneira geral e envolvendo conservação e economia térmica e elétrica listamos:

- Projeto e operação de sistemas com o máximo de recirculação e reutilização de águas servidas nos seguintes pontos:
 - . chuveiros de formadoras, filtros, caixa de entrada, limitadoras de formato.
 - . Diluições e controle de consistência
 - . Diluição de aditivos químicos e cargas
 - . Em casos de fábricas de papel integradas, utilização de água branca na lavagem de polpa branqueada e/ou diluição de polpas mecânicas.
- Projeto e operação de sistemas de refinação de polpa com máxima eficiência, considerando:
 - . Velocidades otimizadas de refinadores em rpm visando minimizar as perdas hidráulicas.
 - . Operação de refinadores a pelo menos 80% da carga nominal dos acionamentos.
 - . Otimização e máxima especificidade de desenhos de discos de refinadores.
 - . Utilização de energia química no processo de refinação.
- Projeto e operação de sistemas que permitam reutilização de águas de refrigeração, para aplicação das mesmas nos seguintes pontos:
 - . Águas de selagem
 - . Água para condicionamento de feltros
- Projeto e operação de sistemas que permitam a maximização do teor seco da folha por meios mecânicos e que incluem:
 - . Chuveiros de vapor nas prensas, aumentando a temperatura e diminuindo viscosidade da água.
 - . Sistemas fechados de água branca e conseqüente maior temperatura.
 - . Aditivos químicos para facilitar a drenagem mecânica.
 - . Prensas com projetos de maior eficiência.
- Projeto e operação de sistemas de vácuo utilizando o mínimo volume de água e reutilização da mesma
- Projeto e operação da secagem considerando:
 - . Mínima pressão nos secadores
 - . Eficiente remoção do condensado
 - . Minimização de vapor flash

- Projeto e operação de capotas e ventilação de bolsas considerando:

- . Máxima recuperação de calor da exaustão aquecendo água fresca para aplicação onde necessário e pré-aquecimento de ar para sistema de ventilação de bolsas
- . Capotas com pressão positiva.

- Projeto e operação de sistema computadorizado para permitir:

- . Mínimo teor sêco após secagem
- . Máxima velocidade de máquina de papel
- . Mínimo peso básico

6. Secagem de Papel - Estado da Arte

Com o constante aumento de velocidade verificado nas máquinas de papel, têm adquirido elevada importância os meios de promover uma maior eficiência na secagem, que dentro do conceito atual de secagem por meio de cilindros secadores significa uma redução da barreira criada pela camada de condensado, que reduz a eficiência da troca térmica. Para minimizar esta barreira de condensado nos cilindros secadores, turbulência deve ser gerada. Isto levou a cilindros aletados, cilindros com "spoiler bars" e cilindros ranhurados.

Cilindros aletados têm uma série de nervuras ou aletas usadas internamente. O condensado depositado entre as aletas é removido por uma série de pequenos sifões. Devido à complexidade do sistema é empregado somente em cilindros Yankee. "Spoiler bars" introduzem um movimento oscilatório na película de condensado. As barras são espaçadas de tal forma a gerarem uma frequência de ressonância, produzindo turbulência.

Somente recentemente "Spoiler bars" têm sido usados em secadores convencionais. Taxas de secagem até 30% superiores têm sido obtidas com "spoiler bars", dependendo das condições operacionais. O gráfico 6 indica o valor de coeficiente de transferência térmica U , até velocidades de 1 400m/min.

6.1 Perspectivas

Trabalhos em recompressão de vapor, secagem vácuo termal (thermal vacuum drying) e secagem em alta intensidade (high intensity drying) ainda estão em fases de estudos laboratoriais. Secagem à Pressão (press drying) está passando atualmente para a escola piloto e o perfilador magnético tem sido aplicado em experiências de campo.

A secagem à pressão é um processo simultâneo de pressão e secagem, com resultados positivos na resistência mecânica e rigidez. As experiências realizadas foram somente até velocidades de 6-30 m/min., prevendo-se ainda longo trabalho de pesquisa.

Secagem em alta intensidade (high intensity drying) utiliza pressões e temperaturas muito superiores às atualmente em uso. Este

processo também está em escala laboratorial, prevendo-se também um longo trabalho de pesquisa.

Recompressão de vapor também em fase laboratorial, trata-se da recuperação do calor latente do vapor, comprimindo-o desde a pressão atmosférica até uma pressão mais alta, sendo o vapor usado diretamente nos cilindros secadores ou usada em trocador de calor. Para razão de compressão de cerca de dois, cerca de 44 KWh/ton recupera cerca de 640 KWh/ton do calor latente do vapor, ou seja uma relação de aproximadamente 14,5:1 .

Na secagem vácuo termal (thermal vacuum drying) a fôlha é seca entre uma superfície aquecida e uma correia com estrutura capilar, a qual está em contacto com uma superfície refrigerada. A água da fôlha evapora, o vapôr formado migra pela estrutura capilar, até condensação sobre a superfície refrigerada. Taxas de secagem de até 10 vezes têm sido reportadas, mas o processo é incipiente e uma série de problemas deverão ainda ser resolvidos.

O perfilador magnético (Magnetic Profiler) baseia-se no fato, de que quando um condutor passa através de campo magnético correntes são geradas no condutor, ou seja o efeito Eddy, produzindo perdas proporcionais a I²R. O perfilador magnético utiliza este princípio para aquecimento controlado e seletivo em um secador permitindo um efetivo controle no papel de secagem.

Gráficos e Figuras

Gráfico 1 - Preço Médio de Óleo Combustível no Brasil
Período 1973 a 1984

Gráfico 1A- Preço Médio de MWh Consumido no Brasil
Período 1973 a 1984

Gráfico 2 - Demanda de Energia em Fábrica de Celulose

Gráfico 3 - Demanda de Energia em Fábrica de Papel Imprensa

Figura 1 - Pickup, Seguido de uma Prensa Twinver

Gráfico 4 - Demanda de Calor para Aquecimento de Água

Gráfico 5 - Custos de Aquecimento de Água para Diversos Custos

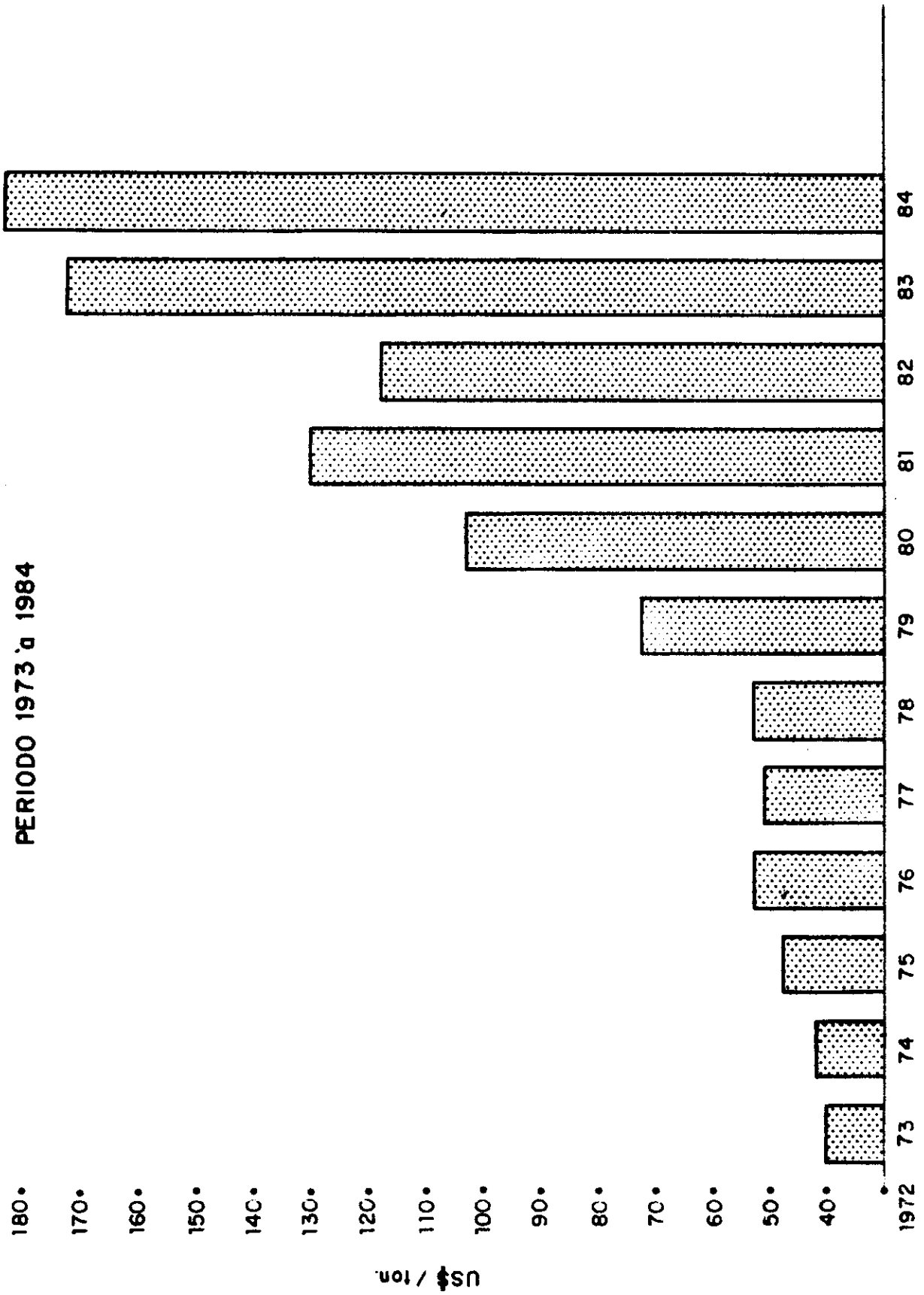
Gráfico 6 - Desempenho de Secadores

REFERENCIAS

1. R. Asantila, P. Heikkinen, Y. Nyagardas, and O. Strandell. -"Design for High Energy - The Scandinavian Approach." - Tappi 57 (1974) : 10, pp 117 - 121

2. S.O. Hultin. - "Impact of High-Price Energy on Pulp Paper Development. 2nd World Pulp and Paper Conference - Helsinki, Finland - Oct. 27-28-1975
3. Walker, P.J.R. - "How to Reduce Steam Consumption in the Paper - Mill Machine Room."
- Pulper and Paper. Octobre 1976
4. Espenmiller, H.P. - "Stock Preparation Systems Offer Many Potentials for Energy Saving."
- Pulp and Paper. June 1986
5. Kline, R.E. - "Refiner Operation: How to Get the Most for your Energy Dollar."
- Pulp and Paper. March 1980
6. Wilson, R.G. - "Press Section Offer a Major Source of Energy Conservation."
- Pulper and Paper. August 1975
7. Robinson, W.F.E. - "The Double Divided Press."
- Pulp and Paper Magazine of Canada 75:12 (December 1974)
8. Deka, Ganesh - "Double Felting Innovation in Press Sections."
- Paper Industry. September 1977
9. Lord S. - "Modern Press Provide Maximum Runability at High Machine Speeds."
- Pulp and Paper. July 1980
10. Walker, Peter. - "Energy Losses in Dryer Section and How to Control Them."
- Pulp and Paper Canada. November 1977
11. Ely, D.A. and Nichells, W.G. - "Steam and Electricity Conservation in the Paper Mill."
- Paper Trade Journal. May 1974
12. Sherlaw, A.L. - "How to Reduce Energy Consumption in a Paper Machine Dryer Section."
- Pulp and Paper. January 1980
13. Hurm, R.B. - "Improving Paper Drying with the Right Steam Condensate System."
- Pulp and Paper. November 1974
14. Woolums, L.L. - "Digital Process Control Systems Monitor Tissue - Energy Consumption."
- Tappi Engineering Conference Proceeding, 1976.

GRÁFICO 1 - PREÇO MÉDIO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL NO BRASIL
PERÍODO 1973 à 1984



30 • GRÁFICO 1A - PREÇO MÉDIO DO MWh CONSUMIDO NO BRASIL
 PERÍODO 1973 à 1984
 FATOR DE CARGA 0,8 - NÍVEL DE PREÇO JUL. 1984
 EMPRÉSTIMO COMPULSÓRIO NÃO INCLUIDO

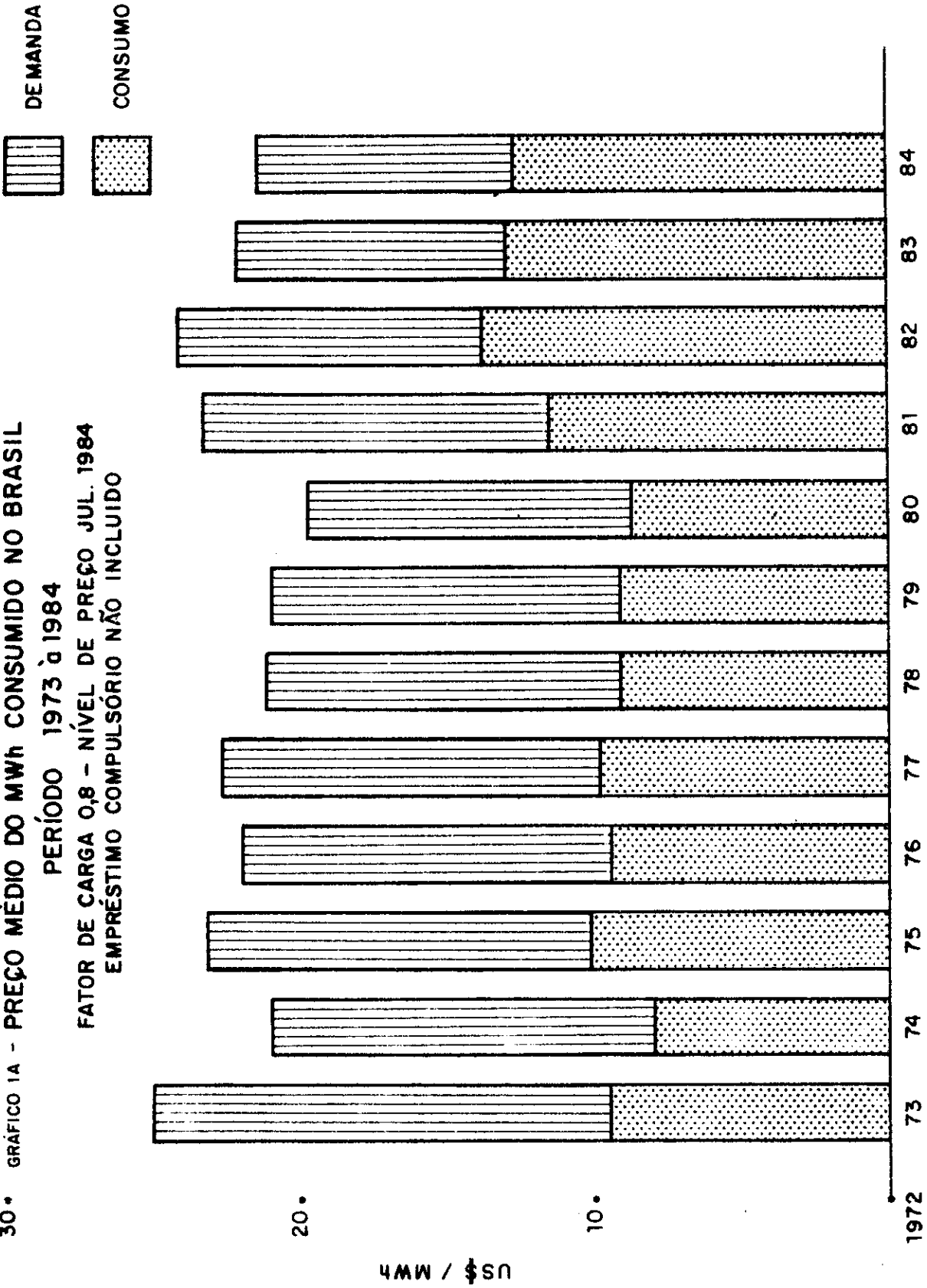


GRÁFICO 2 - DEMANDA DE ENERGIA EM FÁBRICA DE CELULOSE
700ADMT/d - Gj/ADMT

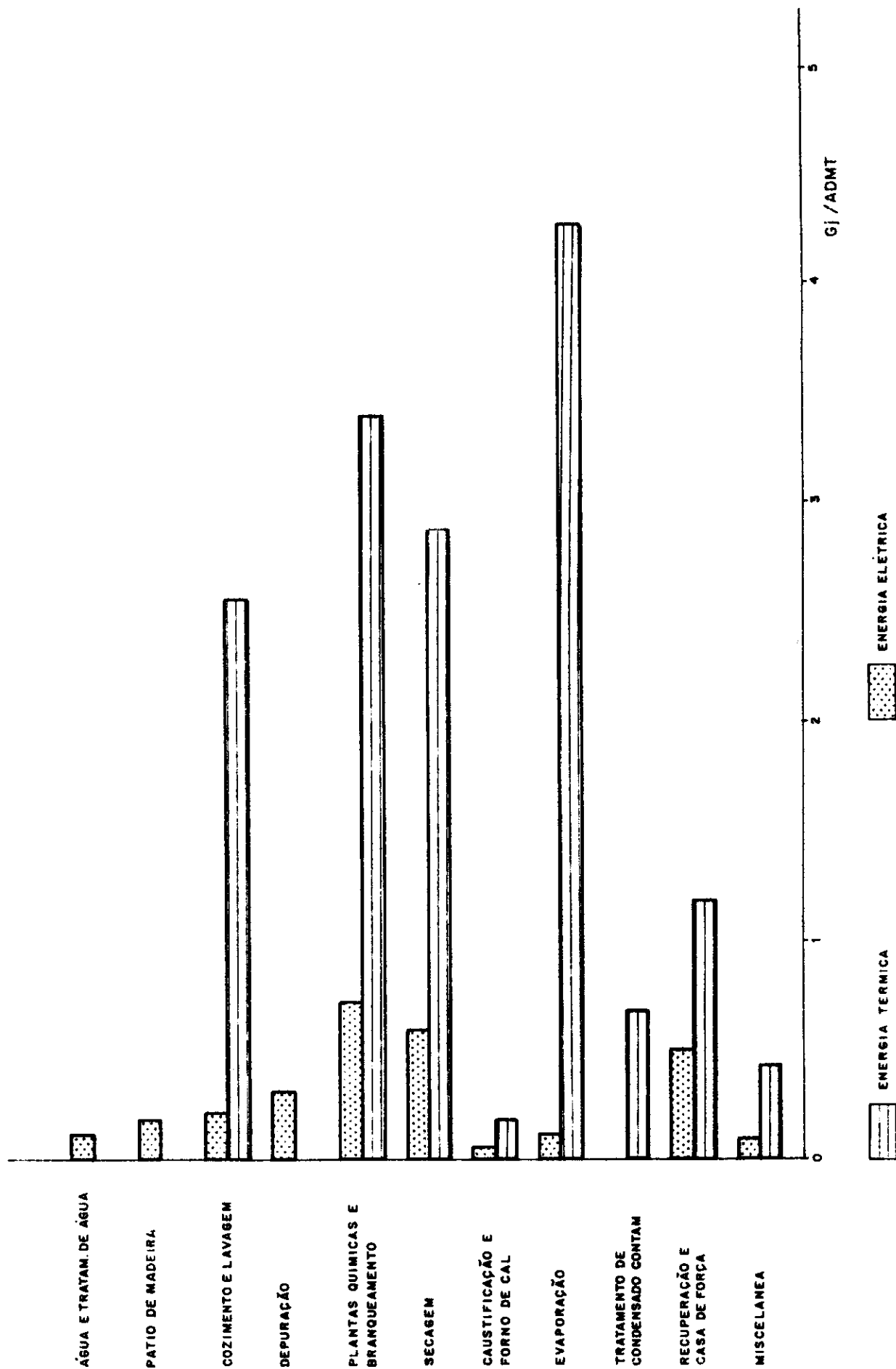


GRÁFICO 3 - DEMANDA DE ENERGIA EM FÁBRICA DE PAPEL IMPRENSA
150.000 t/ano

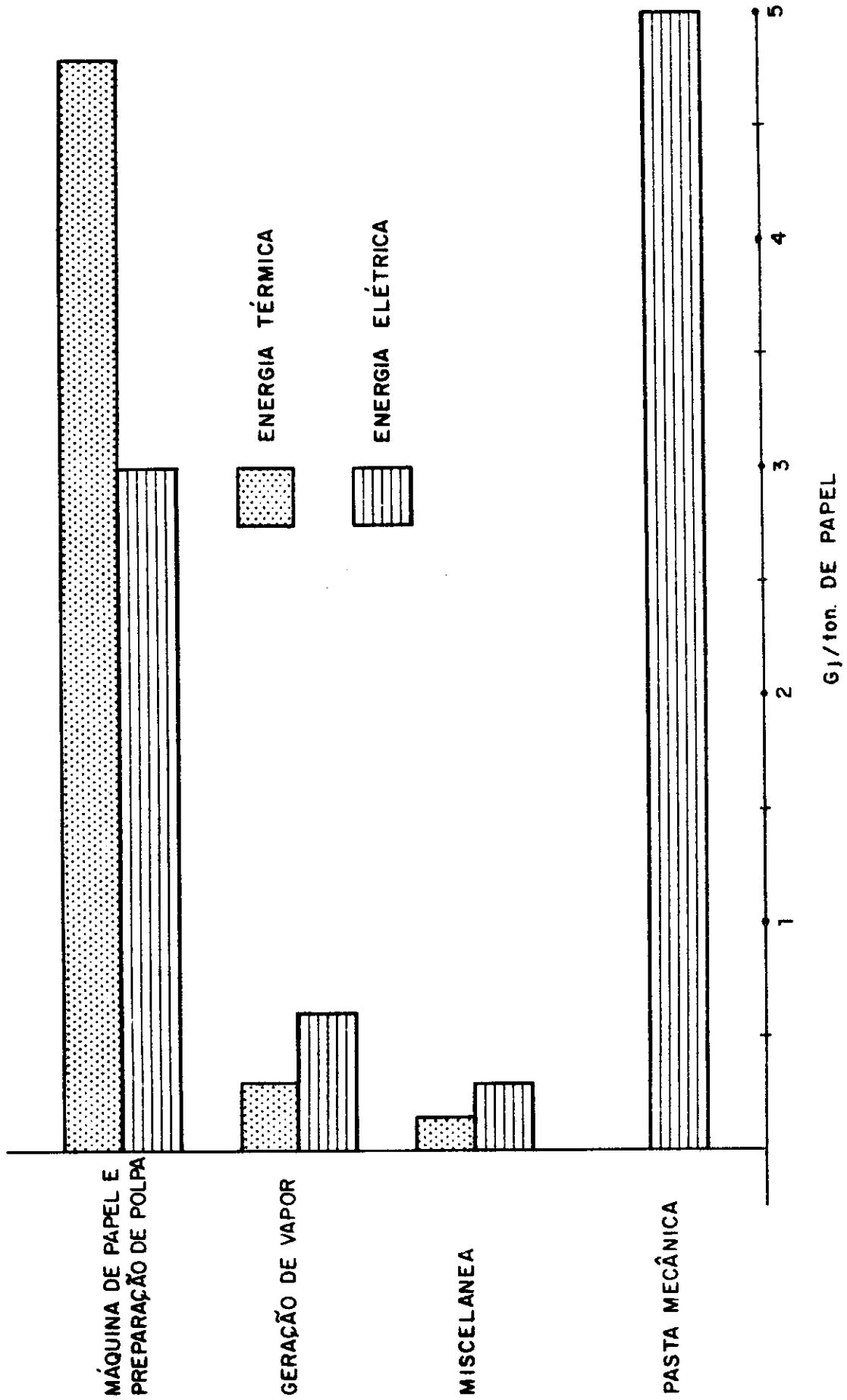
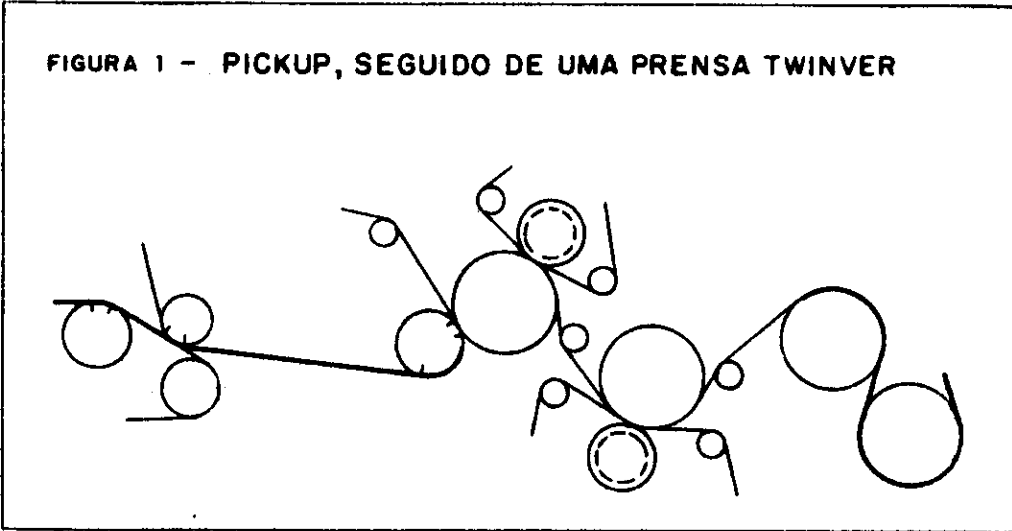


FIGURA 1 - PICKUP, SEGUIDO DE UMA PRENSA TWINVER



**FIGURA 2 - TRI-NIP PRESS
PRIMEIRO NIP DUPLAMENTE FELTRADO**

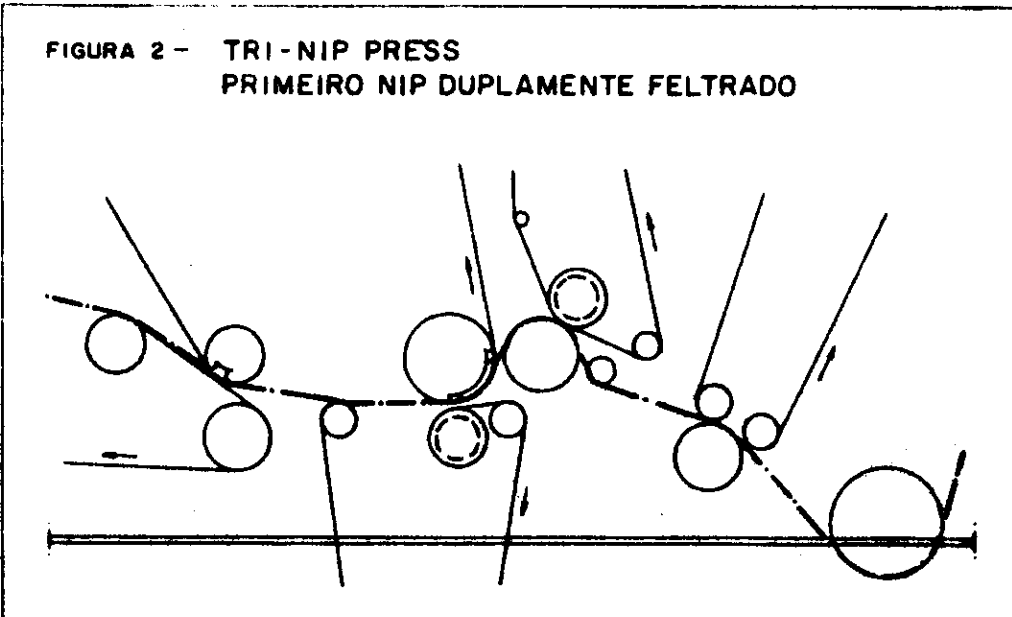


GRÁFICO 4 - DEMANDA DE CALOR PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA

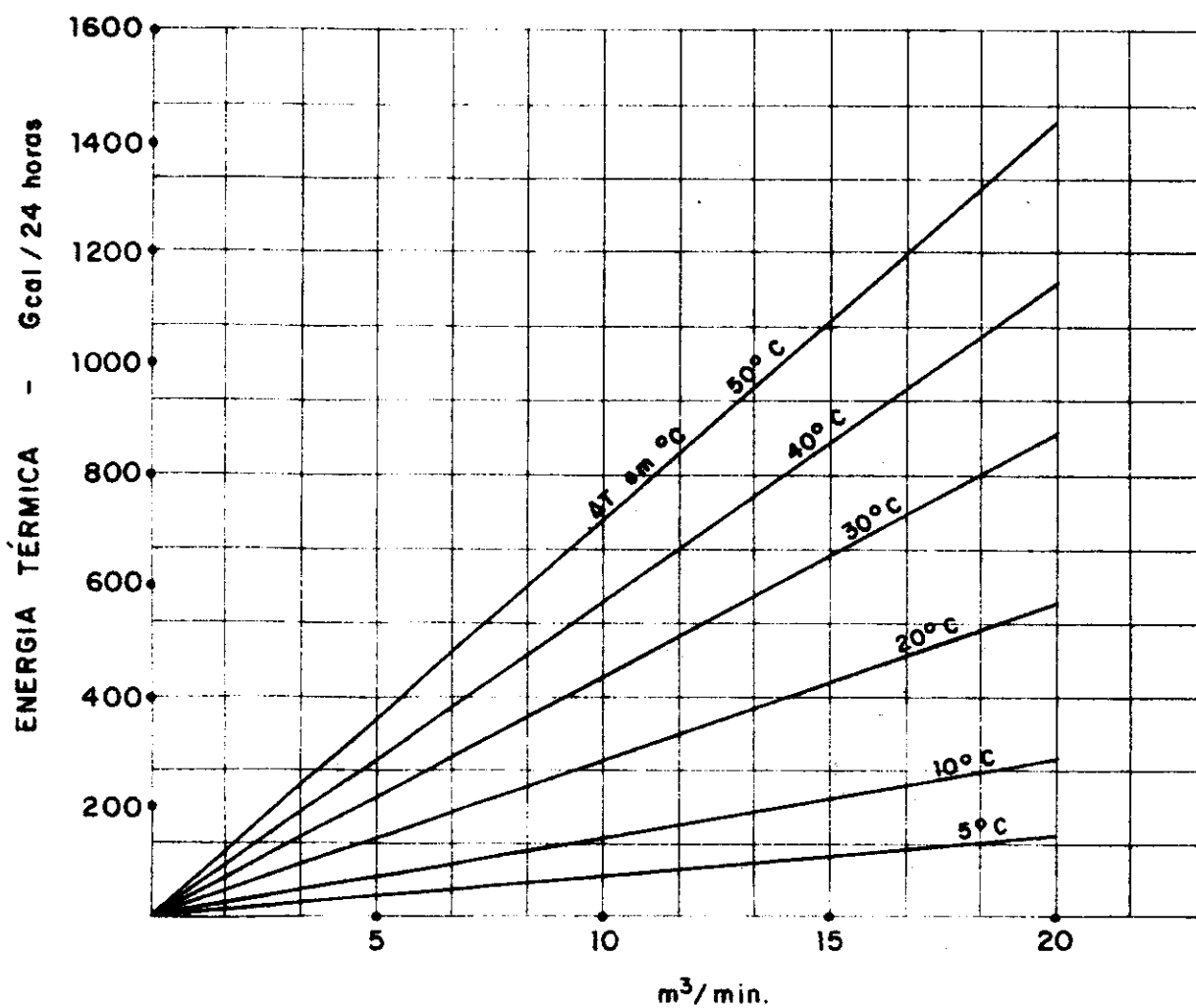


GRÁFICO 5 - CUSTOS DE AQUECIMENTO DE ÁGUA
PARA DIVERSOS CUSTOS DE ENERGIA

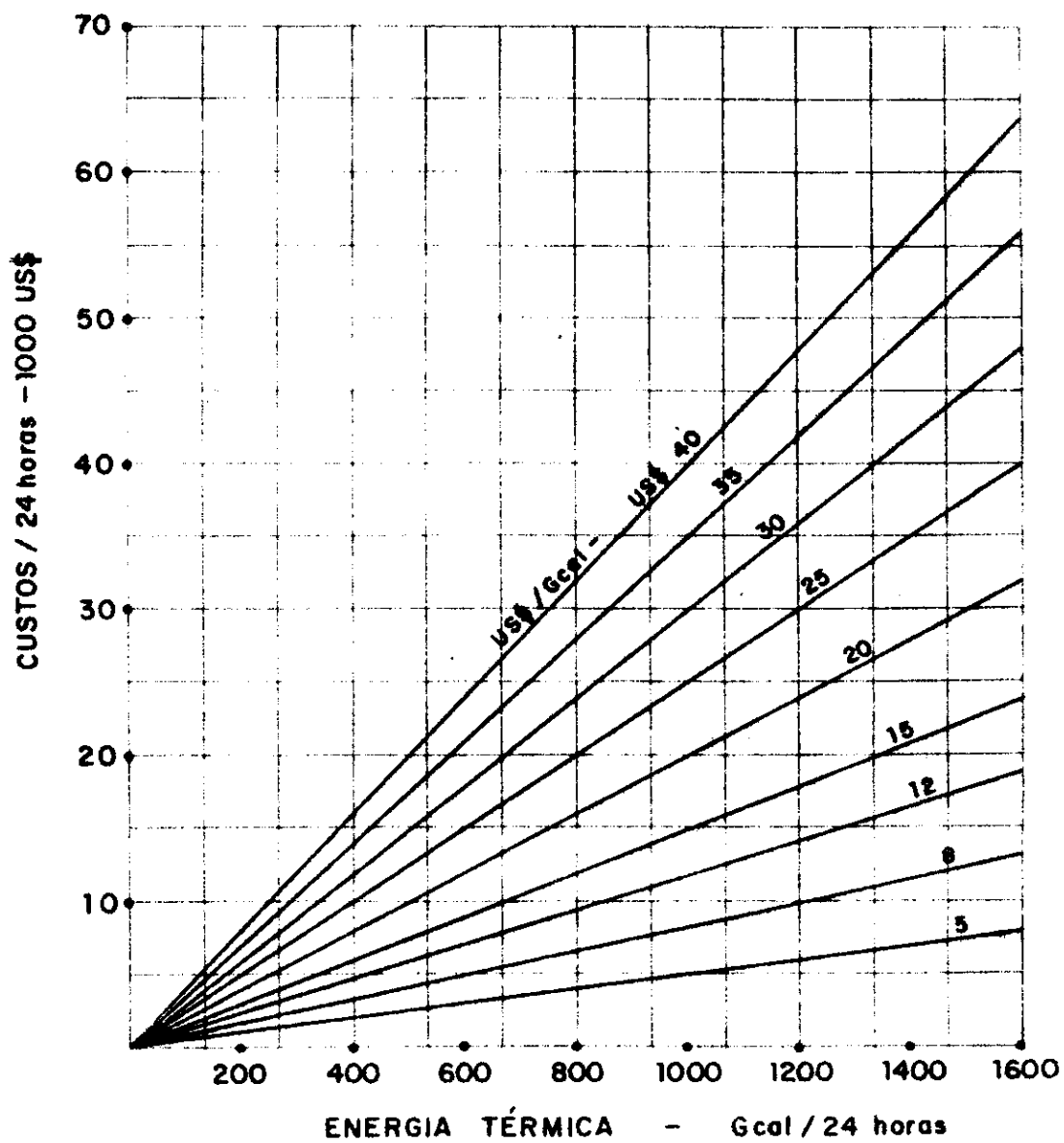


Grafico 6 - DESEMPENHO DE SECADORES

