

Sys 1996821

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE FORMATURA

DETERMINAÇÃO DE UM SISTEMA DE VAPOR E CONDENSADO
PARA A SEÇÃO DE SECAGEM DE UMA MÁQUINA DE PAPEL

AUTOR: TARCISO LIBERATO CABRAL
ORIENTADOR: PROF.ENG. HILDO PERA

1982

ÍNDICE

I - INTRODUÇÃO	01
II - DESENVOLVIMENTO	02
II.1 - OS TIPOS DE PAPEIS	02
II.2 - OS TIPOS DE MÁQUINAS DE PAPEL	02
II.3 - A OBTENÇÃO DA FOLHA DE PAPEL A PARTIR DA MADEIRA	02
II.3.a - INTRODUÇÃO	02
II.3.b - A OBTENÇÃO DA CELULOSE ...	04
II.3.c - A PREPARAÇÃO DA CELULOSE .	07
II.3.d - A OBTENÇÃO DA FOLHA DE PAPEL	08
II.4 - A SEÇÃO DE SECAGEM	11
II.5 - OS SISTEMAS DE VAPOR E CONDENSADO .	19
II.5.a - INTRODUÇÃO	19
II.5.b - PROCESSO CONVENCIONAL	20
II.5.c - PROCESSO CASCATA	20
II.5.d - PROCESSO TERMOCOMPRESSOR .	24
II.5.e - ELEMENTOS COMUNS AOS PROCESSOS	26
II.5.f - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE VAPOR E CONDENSADO	34
II.5.g - A MANUTENÇÃO	38
II.6 - DETERMINAÇÃO DE UMA LINHA DE VAPOR E CONDENSADO	38
II.6.a - INTRODUÇÃO	38
II.6.b - OS CÁLCULOS PARA UMA MÁQUINA HIPOTÉTICA	41

1 - Dados iniciais	41
2 - Cálculo do número de cilindros	42
3 - Determinação do processo	43
4 - Determinação dos grupos e pressões	43
5 - Determinação do grau de seco após cada grupo ...	43
6 - Cálculo das evaporações específicas médias	49
7 - Determinação do esquema geral	50
8 - Cálculo da energia necessária para cada grupo...	51
9 - Cálculo do consumo de vapor para cada grupo	52
10 - Cálculo do consumo do vapor de passagem	53
11 - Cálculo do consumo de vapor para aquecimento do ar insuflado na coifa...	54
12 - Especificação das diferenças de pressão entre a entrada e saída dos secadores	58
13 - Cálculo das massas que saem dos separadores de condensado (flash)	58
14 - Cálculo dos separadores de condensado	63
III - CONCLUSÃO	64

FIGURAS:

I - INTRODUÇÃO

A função de uma máquina de papel é pegar uma massa constituida basicamente de água e celulose, formar uma folha e secá-la.

A última seção da máquina encarregada de secar essa folha é a seção de "secagem", composta pelos cilindros "secadores", sobre os quais a folha corre e recebe energia para evaporar a água que ainda possui.

Essa energia contida nos cilindros lhes é cedida pelo vapor d'água saturado que se condensa em seu interior.

Para que essa secagem seja feita de maneira contínua, existe uma tubulação que traz o vapor da caldeira até o cilindro e outra que retorna com o condensado.

O objetivo deste trabalho é mostrar como se determina toda essa linha de vapor e condensado (número de cilindros, pressões, vazões, etc.), partindo-se da produção desejada de um determinado tipo de papel.

II - DESENVOLVIMENTO

II.1 - OS TIPOS DE PAPEIS

Primeiramente, para que se tenha uma idéia dos tipos de papéis existentes no mercado, segue uma cópia da classificação feita pela Associação dos Fabricantes de Papel e Celulose.

II.2 - OS TIPOS DE MÁQUINAS

Naturalmente não existe uma máquina para cada tipo destes papéis, pois como podemos verificar alguns apresentam características bastante semelhantes.

Os fabricantes de máquinas, normalmente, consideram quatro grupos (tipos) de papéis, cada um fabricado por um tipo de máquina. Esses quatro tipos, entretanto, possuem muitos elementos semelhantes, pois utilizam os mesmos princípios físicos para cumprirem a função comum de formar e secar a folha.

Estes grupos são:

- 1 - Papéis de escrever, imprimir e especiais
- 2 - Papéis crepon e higiênicos
- 3 - Papéis para embalagem
- 4 - Papéis cartão e celulose

III.3 - A OBTENÇÃO DA FOLHA DE PAPEL A PARTIR DA MADEIRA

III.3.a - INTRODUÇÃO

O papel é um material formado pelo entrelaçamento de fibras, ou seja, do entrelaçamento de filamentos delgados.

As matérias primas antes utilizadas (algodão, linho, bambu, etc.,) eram aquelas que forneciam fibras perante um processamento simples, porém, a necessidade de maiores quantidades de papel juntamente com o avanço tecnológico levaram à descoberta de novas fontes.

Atualmente podem ser utilizadas as mais variadas fontes para a obtenção das fibras necessárias à fabricação do papel, tais como:

1 - Fibras Vegetais

fibras de frutos - casca de coco
 fibras de folhas - sisal, abacaxi
 fibras de caules - linho, eucalipto

2 - Fibras Animais

fibras de lã

3 - Fibras Minerais

fibras de asbesto

4 - Fibras Artificiais

fibras de rayon, nylon

Entretanto, novas condições passaram a definir uma boa matéria prima provocando, em 90% dos casos, a utilização da madeira, principalmente o eucalipto (folhosas) e os pinus (coníferas).

As novas condições mencionadas acima são:

- 1 - Ser fibrosa
- 2 - Ser disponível o ano todo e em grande quantidade
- 3 - Ser de exploração econômica
- 4 - Ser facilmente renovável
- 5 - Fornecer, ao produto final, as características desejadas.

Podemos dizer que a madeira é constituída basicamente por cinco elementos:

- 1º) Celulose - principal componente da parede celular, responsável pelas propriedades da madeira e por sua utilização para a fabricação de papel. É o material

fibroso.

- 2º) Lignina - é um polímero amorfo que confere a dureza e rigidez às fibras e as mantêm unidas.
- 3º) Hemicelulose - composição química semelhante à celulose, porém com configuração molecular bastante distinta.
- 4º) Extrativos - incluem elevado número de compostos orgânicos como resinas, ácidos-graxos, proteínas, etc.
- 5º) Compostos Minerais - presentes em pequena quantidade. Geralmente temos Ca, Mg, Si e K.

II.3.b. - A OBTEÇÃO DA CELULOSE

A obtenção da celulose, fase preliminar da manufatura do papel, consiste na obtenção e separação das fibras dos outros componentes da madeira.

Partindo da árvore, esse processo consiste em:

- a) Corte da árvore - A idade de corte varia conforme o tempo de crescimento da espécie e o tamanho das toras de acordo com o maquinário empregado no descascamento e picagem.
- b) Descascamento - A casca da árvore (cortiça) diminui a alvura da celulose e a resistência mecânica da folha devendo então ser retirada.
- c) Picagem - É a redução das toras em cavacos para que melhor possa ser impregnada pelo licor do cozimento.
- d) Estocagem do cavaco - Em silos ou ao ar livre de onde partirão para o cozinheiro (digestor) através de esteiras rolantes.
- e) Cozimento - Feito nos digestores, sob pressão, pela ação de reagentes químicos (licor de cozimento), onde teremos a solubilização da lignina e resinas, com consequente liberação da celulose.

→ **Descarga e Recuperação de calor** - Após o cozimento a mistura polpa + licor negro é descarregada para o tanque de descarga onde recuperamos um vapor flash (vapor proveniente do condensado ao reduzirmos sua pressão). Nesse tanque a mistura é diluída em água e bombeada para a próxima etapa. O licor negro é constituído da mistura dos vários produtos do cozimento que não a celulose.

→ **Depuração e Lavagem** - A depuração é feita em peneiras vibratórias e visa a eliminação de nós da madeira não cozidas, cavacos pequenos e sujeiras em geral. A lavagem visa a separação do licor negro da celulose. O princípio de lavagem é semelhante à lavagem de tecidos, ou seja, enxaguamos e torcemos a massa várias vezes. Numa primeira etapa filtramos a mistura separando a celulose suja do licor negro. Misturamos novamente esta celulose com água e filtramos. Obtemos agora celulose menos suja e água suja, e assim fazemos até obtermos celulose limpa.

→ **Branqueamento** ~~Alvejamento~~ - Consiste na remoção de impurezas colorantes das fibras através da destruição e dissolução da matéria colorante e remoção da lignina residual, por intermédio de uma lavagem da massa com substâncias químicas.

~~Um diagrama de blocos da produção da celulose está mostrado na figura 01, na próxima página.~~

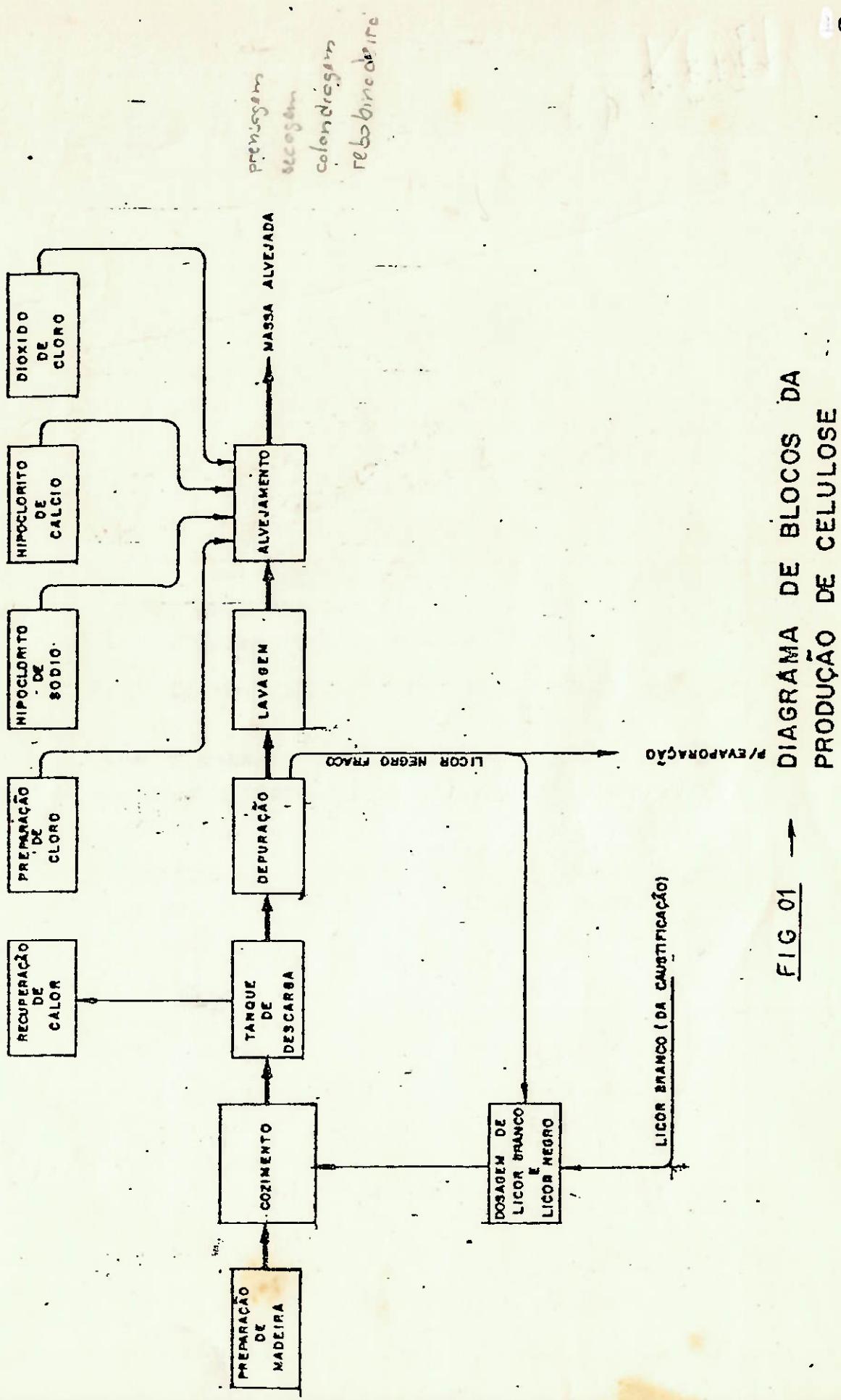


FIG 01 → **DIAGRÁM A DE PRODUÇÃO DE BLOCOS DA CELULOSE**

II.3.c - A PREPARAÇÃO DA CELULOSE (MASSA)

Da maneira como a massa é obtida do Alvejamento, ela não pode ser empregada para formação da folha. Antes disso, precisamos fazer um refinamento (nos refinadores) que consiste na exposição das fibras (em suspensão aquosa) a campos intensos de cisalhamento. Esse cisalhamento "abre" a estrutura da fibra individual e leva-a à fibrilação (formação de microfibras). Assim, uma maior superfície da fibra fica exposta à penetração da água, de maneira que a intumescência é aumentada e melhores ligações ocorrem na formação do papel.

No refinamento o comprimento médio das fibras diminui fazendo com que a dispersão das fibras seja mais rápida e a folha formada mais uniforme.

De modo geral, a sequência para o refinamento é:

- Pegar a massa boa dos depuradores de massa grossa (as peneiras vibratórias), e enviá-las aos pré-refinadores e refinadores.
- Dos refinadores, bombear para um tanque misturador - onde são introduzidos as eventuais cargas (aditivos químicos) à massa e enviar aos tanques da máquina.

Entretanto, para terminarmos a preparação da massa, resta ainda acondicioná-la de forma a cumprir os requisitos de grau de limpeza, conteúdo de ar e consistência, requeridos pelo processo. Em linhas gerais a sequência desse acondicionamento, também conhecido por "parte constante" é:

- Regular a consistência da massa que saiu do tanque - da máquina.
- Refinar novamente e enviar para uma caixa de nível. Esta caixa é usada para manter a vazão constante e funcionar como contra-pressão para certas máquinas.

- Bombar para os separadores centrífugos (vários estágios), onde separamos além de areia e partículas metálicas, as impurezas que diferem da massa boa não apenas na consistência, mas também na superfície específica (menor) como lascas, partículas quadrangulares ou retas, etc.,. Nos separadores centrífugos fazemos ainda uma eliminação de ar contido na massa.
- Última depuração (depurador vertical) para eliminação de lascas, laminados, pêlos, fios e outros tipos de impurezas que eventualmente ainda existam.

Cabe aqui observar que as impurezas retiradas nos equipamentos acima, carregam consigo um pouco de fibra, as quais entretanto, são recuperadas.

Temos finalmente nossa massa pronta para ingressar na máquina de papel propriamente dita.

II.3.d - A OBTENÇÃO DA FOLHA DE PAPEL

Farei agora uma descrição do processo de obtenção da folha de papel (formação e secagem), considerando uma máquina pertencente ao primeiro grupo (Papel de escrever, etc.), o que não implica em nenhuma particularização em termos de princípios físicos básicos utilizados. Esta escolha tem apenas o intuito de facilitar o meu trabalho.

Na caixa de entrada, a massa, vinda da preparação, chega com uma consistência de aproximadamente 5 % seco, homogênea e com as fibras totalmente desagregadas. Sua função será a de colocar essa massa continuamente - sobre uma mesa plana (uma tela sem fim que gira sobre rolos), de modo a proporcionar a formação de uma camada de massa também homogênea, uniforme e sem nenhuma orientação das fibras para que forme folhas de boa qualidade. Para tanto, essa caixa deve equalizar a excessiva turbul

lência provocada pelo tubo distribuidor, deve corrigir velocidades desiguais, distribuir uniformemente a massa no lábio e proporcionar o fluxo necessário à continuidade do processo.

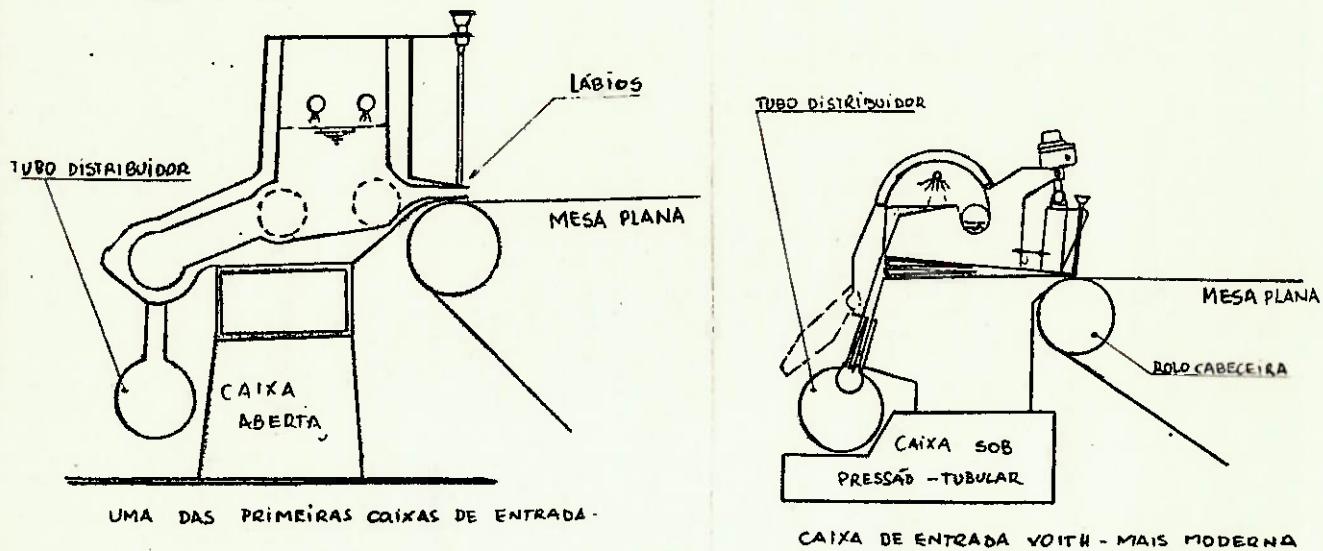
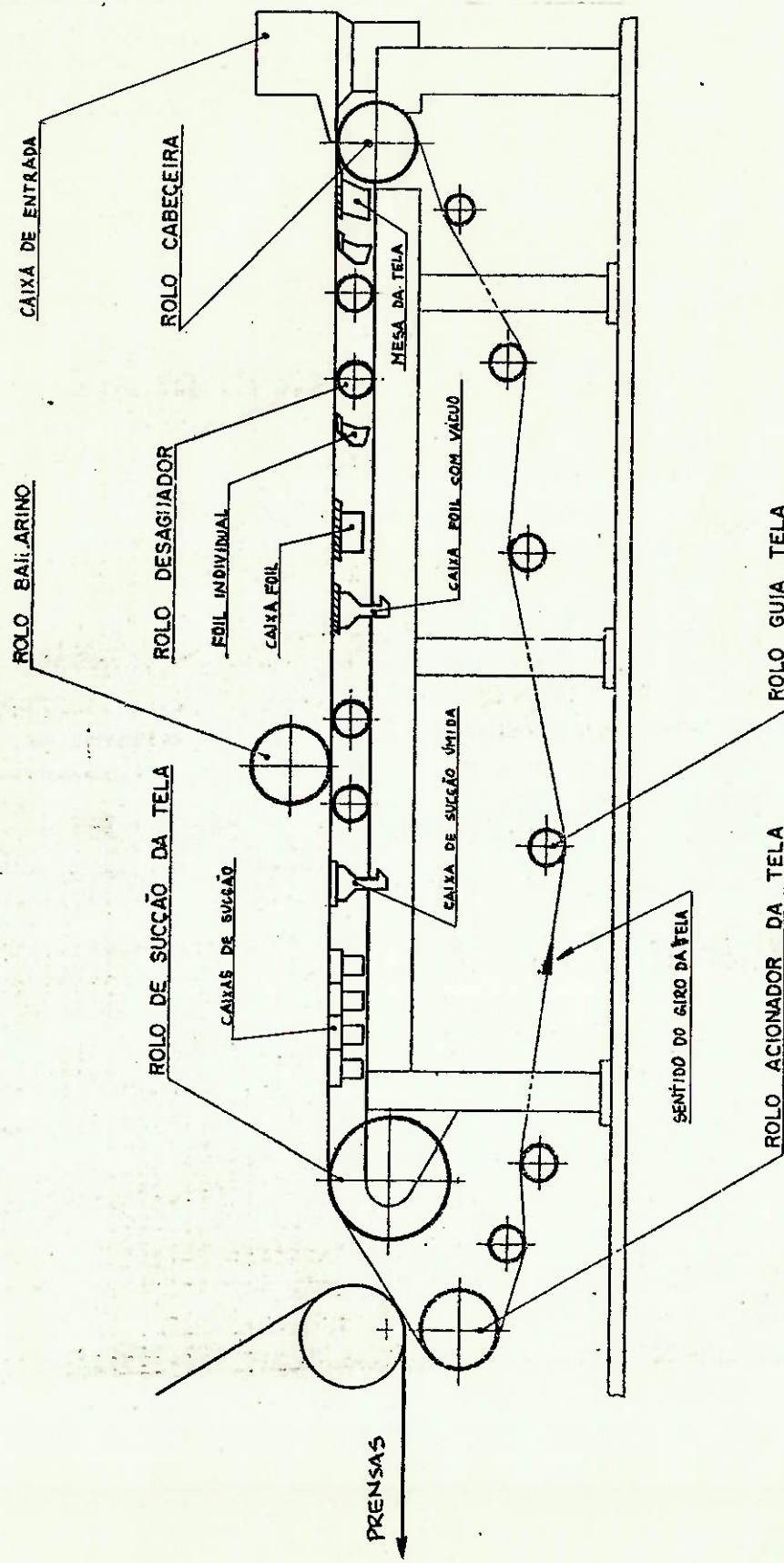


FIGURA 02

A partir do primeiro elemento (caixa de entrada), já começamos a retirar a água da massa. Esse processo de retirada pode ser dividido em 3 setores consecutivos que operam segundo diferentes princípios.

O primeiro setor é constituído pela mesa plana onde a água é retirada através de:

- 1 - Elementos raspadores que raspam a água que atravessa a tela, devido a seu peso próprio e ao impacto do ato da massa que sai da caixa, e fica em sua parte inferior (mesa da tela, raspadores).
- 2 - Elementos hidrodinâmicos que criam um vácuo sob a tela devido à velocidade da mesma (foil individual, caixa foil, rolos desaguadores).
- 3 - Elementos de succão que introduzem um vácuo sob a tela (rolo de succão, caixas de succão).



MESA - PLANA - FIG 03

Estes elementos, mostram-se eficientes até a folha atingir uma consistência de aproximadamente 19% , a partir do que entramos no segundo setor, constituído pelas prensas, onde a água é retirada pela compressão mecânica entre rolos. Com a compressão, entretanto, só se consegue extrair água até aproximadamente 41% seco.

Das prensas, a folha passa para o terceiro e último setor denominado de secagem, onde o desaguamento é efetuado por evaporação através do fornecimento de calor à folha por intermédio dos "cilindros secadores".

Neste setor é necessário ainda uma boa ventilação para eliminação da água evaporada.

No final da secagem a folha está com 94% seco pronta para passar por uma calandra, cuja função é regularizar o perfil da folha, e finalmente ser bobinada na enroladeira.

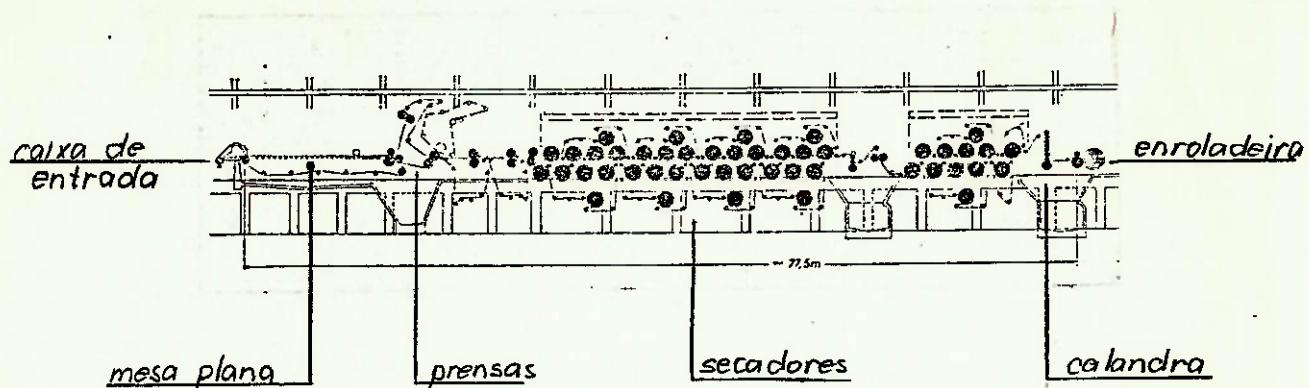


FIGURA 04

II.4 - A SEÇÃO DE SECAGEM

Caminhando no sentido do vapor e condensado utilizado na máquina de papel, descreverei agora a seção de secagem mais detalhadamente.

Esta seção é formada por vários cilindros denominados "cilindros secadores", no interior dos quais introduzimos vapor que ao ceder calor às paredes do mesmo se condensa.

Para retirarmos esses condensados utilizamos parte do próprio vapor denominado de "vapor de passagem" que arrasta esse condensado para fora dos cilindros por intermédio dos sifões.

O processo de secagem por evaporação é o mais caro na máquina, devendo ser portanto, bastante eficiente. Para tanto, o vapor é fornecido aos cilindros por intermédio de uma união rotativa selada com carvão e o sistema de sifões tenta eliminar ao máximo o condensado no interior do cilindro para facilitar a transferência de calor à folha.

Os cilindros são movidos por intermédio de engrenagens colocadas na ponta do eixo, as quais são acionadas em grupos. Dessa maneira a velocidade de cada grupo pode ser controlada independentemente, possibilitando compensar a variação de tamanho da folha durante a secagem, em máquinas muito grandes.

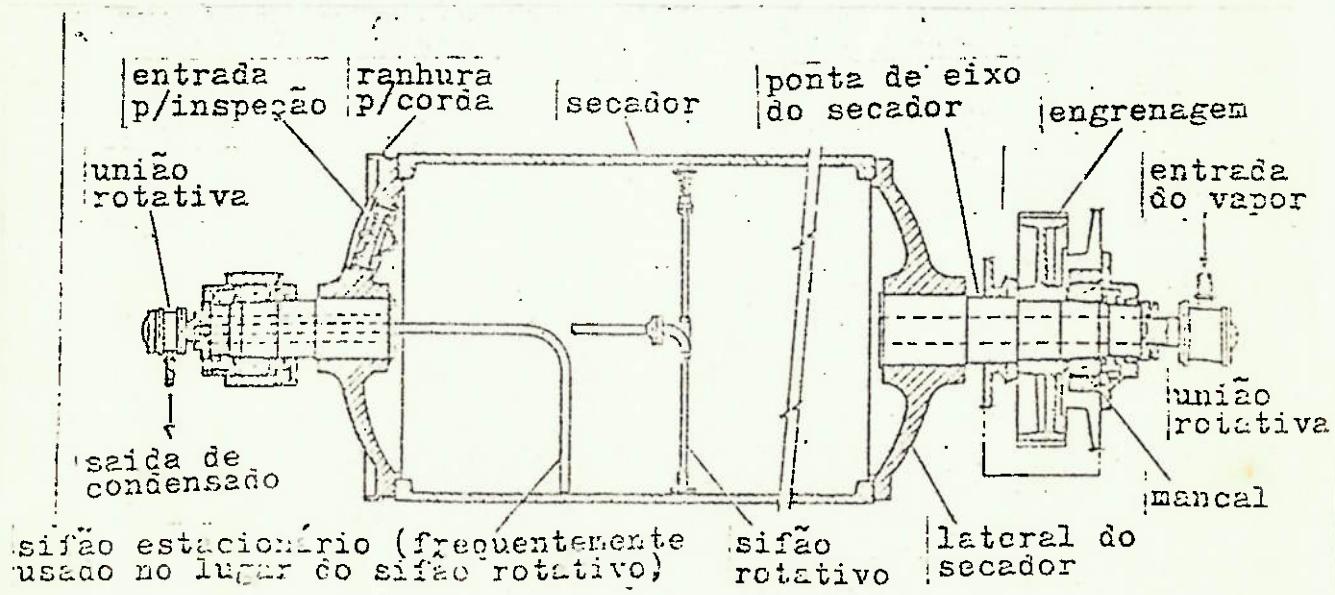
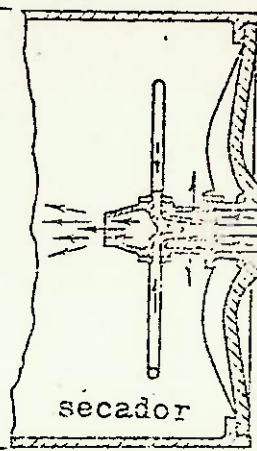
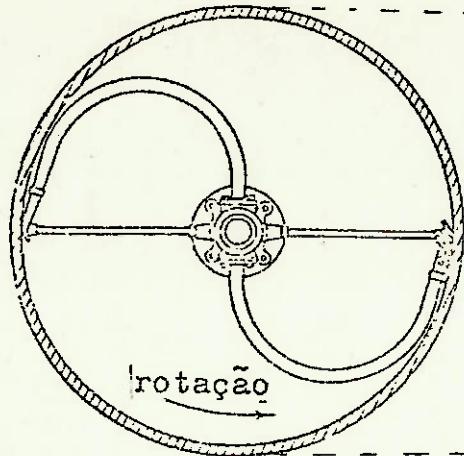
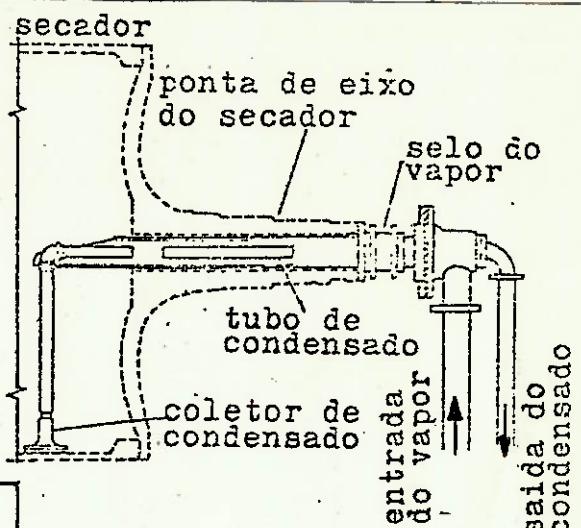
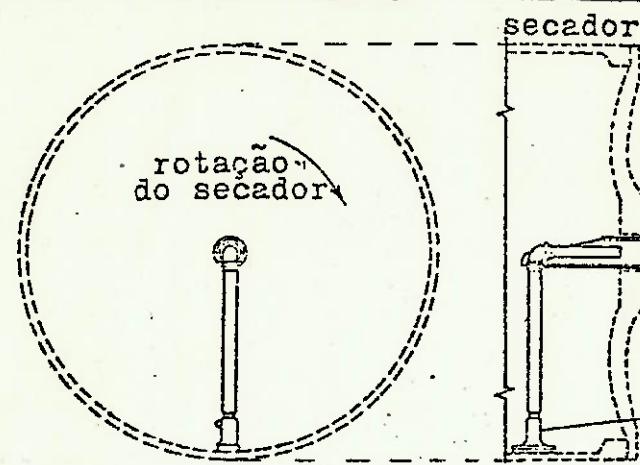


FIGURA 05 - CORTE DE UM CILINDRO SECADOR



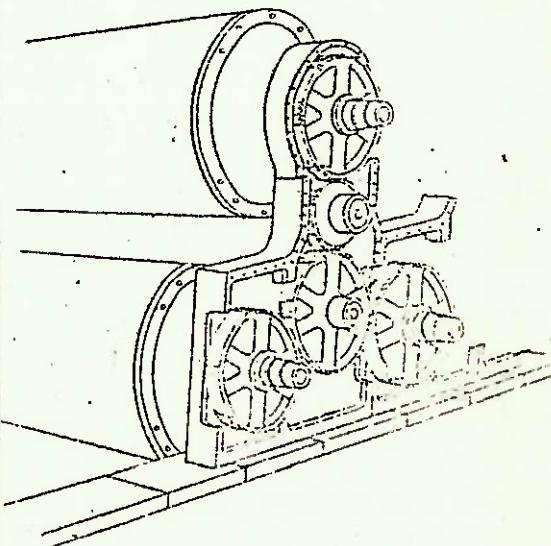
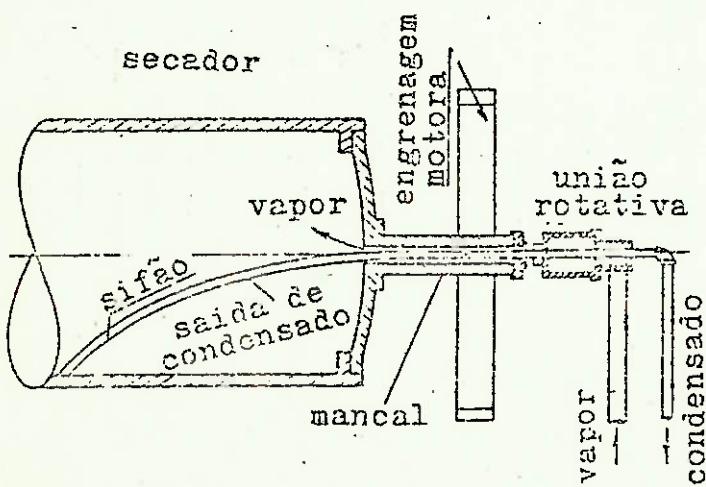
união rotativa
secador
entrada do vapor
saída do condensado

Coletor de condensado
Tipo duplo giratorio



Coletor de condensado,
Tipo simples estacionario

FIGURA 06



Coletor de condensado
Tipo simples estacionario (pescador) . Vista lateral dos secadores

FIGURA 07

FIGURA 08

A folha percorre a seção de secagem sempre a acompanhada por um feltro e ambos os lados da mesma entram em contato com os cilindros. (Veja na figura 09 o esquema de uma parte da seção de secagem).

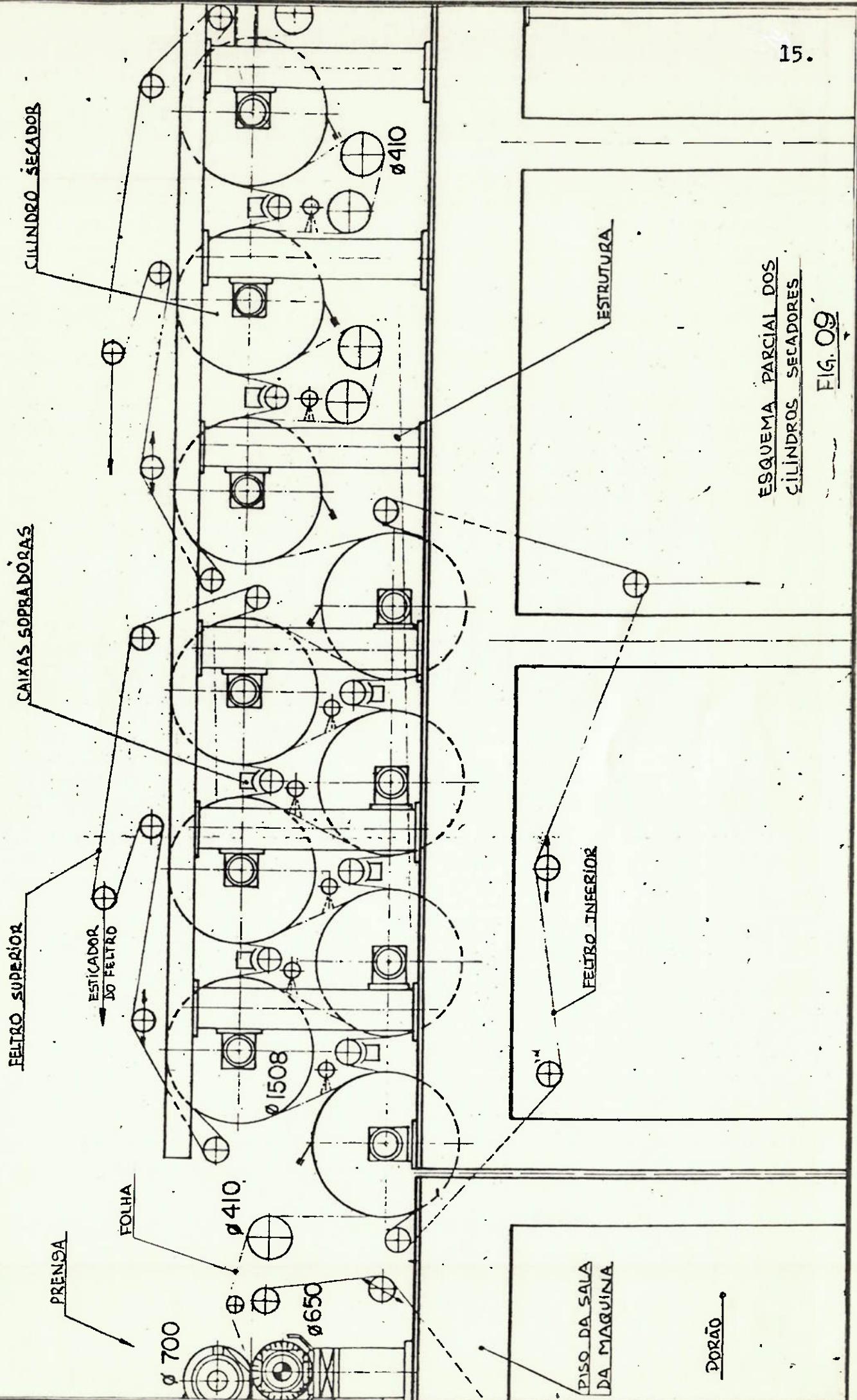
O calor fornecido às paredes dos cilindros se transfere à folha de papel evaporando assim sua água.

Essa água evaporada da folha criará um ambiente bastante úmido, podendo provocar a formação de gotas em pontos mais frios do prédio ou da própria máquina , que caindo sobre a folha fatalmente a danificará.

Para resolver esse problema, controla-se a umidade do ar insuflando ar quente seco e retirando-se o ar úmido. Entretanto, para que a temperatura na sala da máquina não fique insuportável e para que esse controle não se torne muito caro, envolve-se os cilindros secadores por uma coifa e controla-se separadamente o ar do prédio (mais fresco) e o ar da coifa (mais quente).

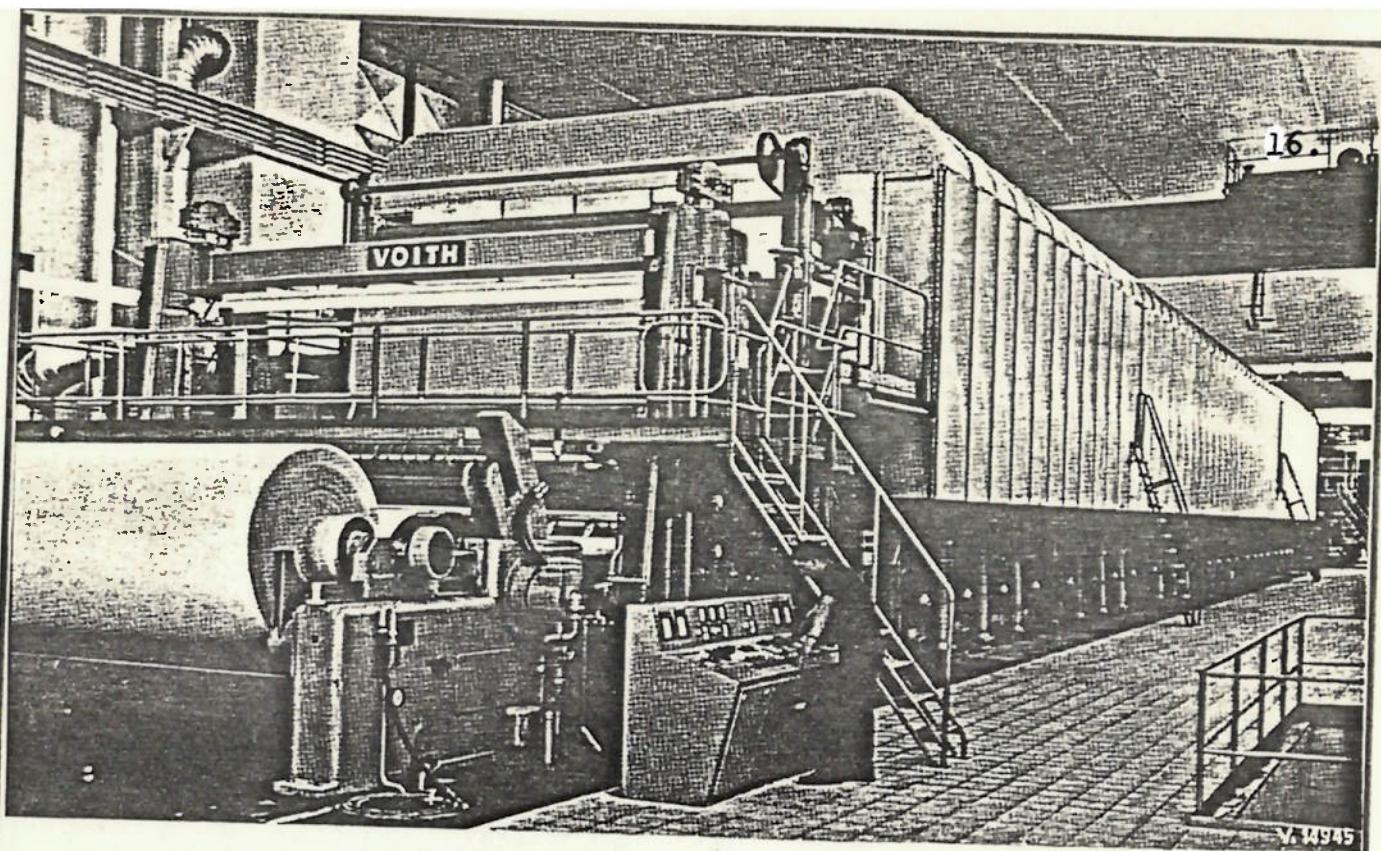
A temperatura e a quantidade de ar insuflado - na coifa, para tanto, deverão ser tais que o ponto de orvalho do ar de saída não seja atingido em nenhum ponto.

Veja na figura 10 as fotos de dois tipos de coifas (uma aberta e uma fechada).

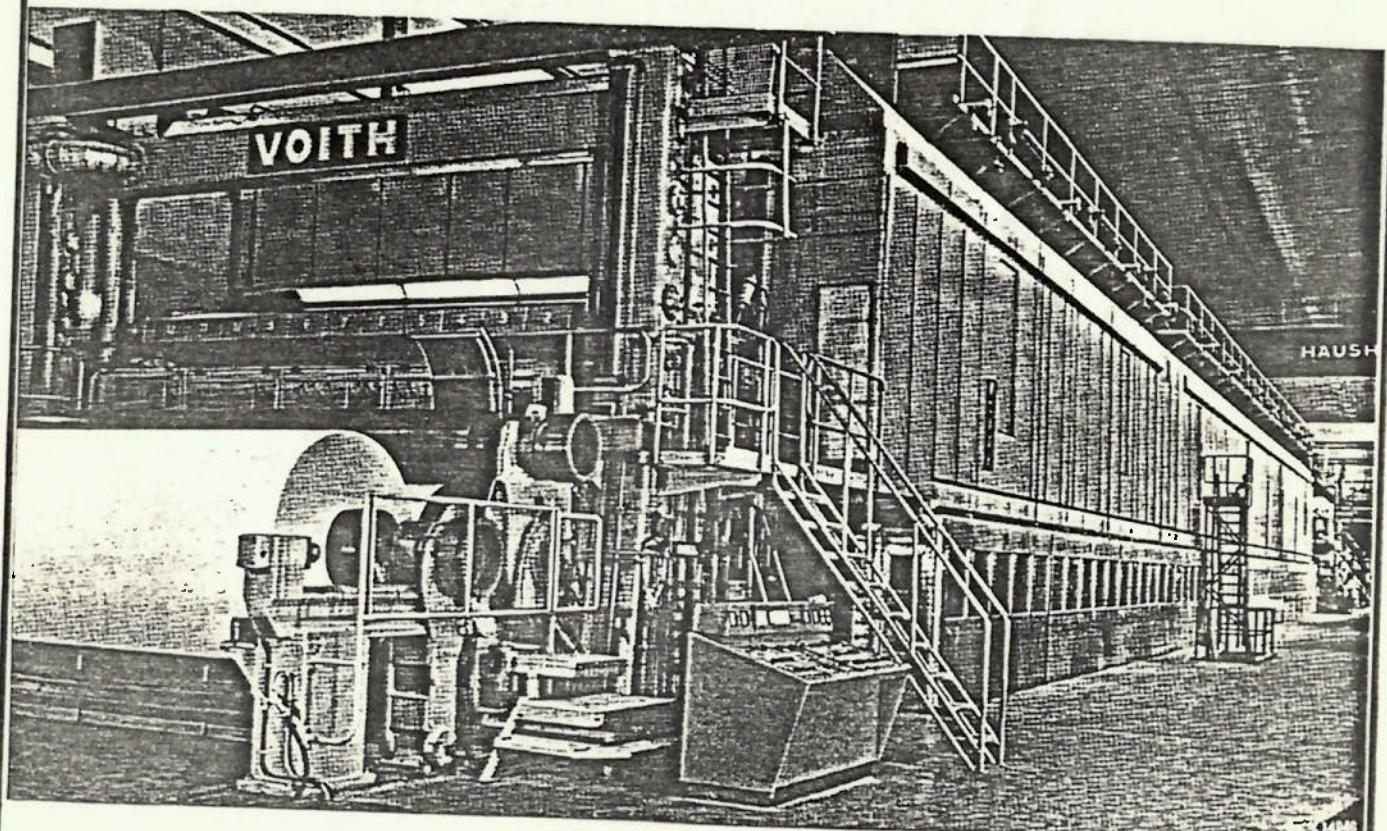


ESQUEMA PARCIAL DOS
CILINDROS SECADORES

FIG. 09



COIFA ABERTA



COIFA FECHADA

FIGURA 10

Para se atingir a capacidade de secagem desejada de uma instalação, o ar aquecido deve ser introduzido proporcionalmente, segundo a execução da coifa e de uma forma direta e controlada nas baterias de secadores, onde forçosamente é exigida maior ventilação.

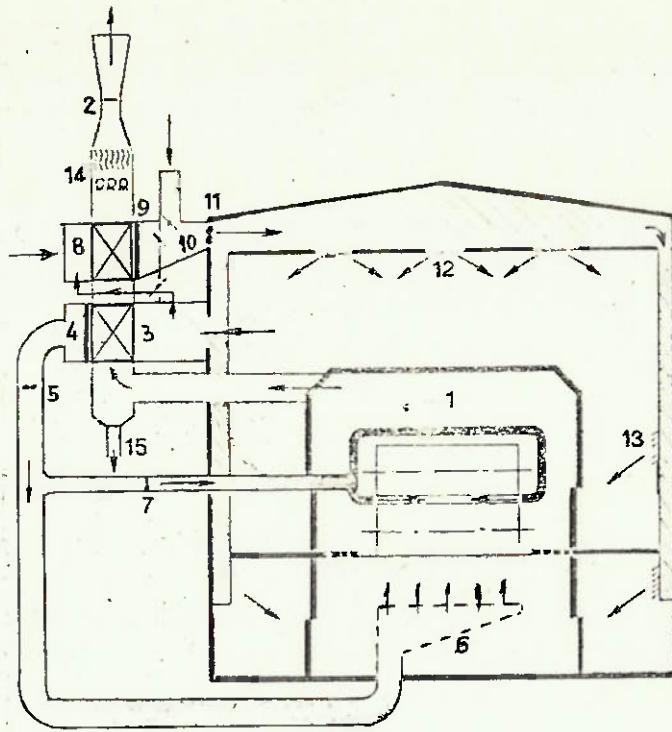
Para um bom perfil de secagem da folha de papel é importante uma uniformidade de ar sobre toda a largura dos bolsões formados entre a folha e os cilindros. Isso é realizado pelas caixas sopradoras. (Ver figura 09).

A água úmida que sai da coifa possui grande quantidade de energia que deve ser aproveitada.

Um circuito que normalmente é utilizado pode ser visto na figura 11. Nele temos ventiladores exaustores conduzindo o ar úmido a dois trocadores de calor (1º e 2º estágios), onde parte das calorias é transferida ao ar de entrada da própria coifa e ao ar do prédio.

Um aquecedor de água (Icrubler) colocado logo após o trocador de calor, extraí grande quantidade de energia ainda contidas no ar de saída (contato direto ar-água).

Se em uma instalação aberta, sem coifa, a perda de calor do ar de saída está indicada em 100%, com a coifa fechada e a instalação de recuperação de calor, podemos dizer que essa perda se reduz a 20%.



- 1 - Coifa de aspiração de vapores.
- 2 - Ventilador exaustor do ar de saída.
- 3 - Intercambiador de calor (1º estágio)
- 4 - Aquecedor a vapor adicional, do ar de entrada da coifa.
- 5 - Ventilador para insuflamento de ar na coifa e no porão (abaixo da máquina).
- 6 - Canais sopradores para distribuir o ar insuflado no porão.
- 7 - Ventiladores para insuflamento de ar nos bolsões.
- 8 - Pré-aquecedor de ar fresco para sala da máquina de papel (2º estágio).
- 9 - Aquecedor a vapor adicional, de ar fresco para sala da máquina de papel.
- 10- Registros para regulagem da temperatura e mistura do ar.
- 11- Ventilador de insuflamento de ar na sala da máquina.
- 12 - Distribuidor de ar no teto falso da sala.
- 13 - Venezianas para distribuição do ar na sala da máquina de papel.
- 14 - Aquecedor de água (Icrubler).
- 15 - Saída de água quente.

CIRCUITO DE AR PARA A COIFA E PRÉDIO

FIGURA 11

II.5 - OS SISTEMAS DE VAPOR E CONDENSADO

II.5.a - INTRODUÇÃO

Muitas são as razões pelas quais usamos vapor d'água para a secagem do papel.

Primeiro por se tratar de uma forma de energia passível de controle, ou seja sua temperatura e pressão podem ser controladas por meio de instrumentos adequados em determinados pontos da máquina, favorecendo dessa forma o processo de fabricação que requer temperaturas variadas em cada fase da secagem.

Outro fator importante é se tratar de energia de fácil transporte (através de tubulações), chegando à máquina livre de elementos poluentes e assegurando higiene no prédio, o qual deve ser livre de poeiras ou outros elementos que possam prejudicar a qualidade do produto final.

Basicamente um sistema de vapor e condensado rudimentar (máquinas dos antigos trens a vapor) se compõe de uma caldeira, um tanque coletor de condensado, tubulações de interligação e alguns registros simples para controle das operações.

A moderna tecnologia equipou este sistema simplificado com outros aparelhos mais sofisticados dando-lhes mais recursos e maior versatilidade de operações, podendo um sistema de vapor baseado no mesmo princípio de funcionamento ser adaptado a uma variada gama de indústrias.

As máquinas para fabricação de papel têm um sistema de vapor e condensado adaptado às suas necessidades, de acordo com as características do processo de secagem. Dois são os mais comuns processos de secagem a través de cilindros secadores:

- 1 - Processo Convencional
- 2 - Processo Tipo Cascata

OBS: Atualmente um terceiro processo mais moderno vem obtendo em muitos casos a preferência dos fabricantes de papel. Trata-se do sistema de secagem com Termocompressor, cujo princípio de funcionamento a bordamos adiante.

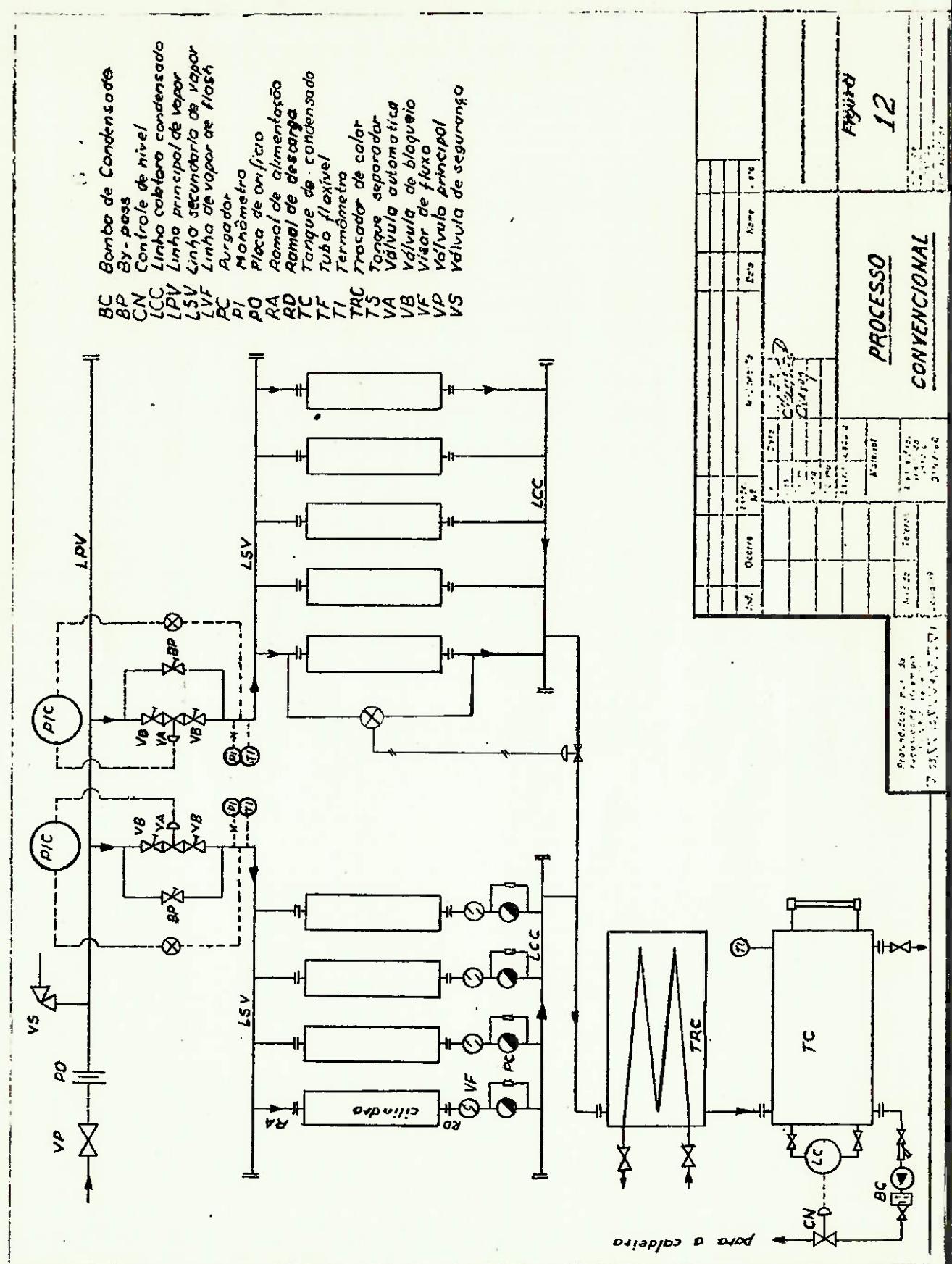
II.5.b - PROCESSO CONVENCIONAL

No processo convencional o vapor da linha principal alimenta os cilindros individualmente, sendo a regulagem da pressão feita através de uma válvula manual para cada cilindro, ou através de uma só válvula redutora para todo o grupo de secadores conforme mostra a figura 12. Devido à troca de calor ocorre a formação de condensado no cilindro, o qual deve ser extraído e enviado ao tanque coletor de onde é bombeado para as caldeiras.

O processo convencional é comum em máquinas antigas, isto é, o mesmo não vem sendo aplicado nas máquinas modernas devido ao fato de estar superado, uma vez que perde grande parte da energia do vapor, a qual pode em outros processos ser perfeitamente reaproveitada, representando uma economia considerável.

II.5.c - PROCESSO TIPO CASCATA

O processo tipo cascata difere do primeiro por reaproveitar os vapores de reevaporação, também chamados vapor flash, por meio de tanques separadores de condensado. Assim o vapor vivo oriundo das caldeiras é admitido numa bateria de secadores. O condensado aqui formado, a uma pressão superior a do grupo anterior, é conduzido a um tanque separador. No tanque é expandido a



uma pressão mais baixa e o excesso de calor nele contido reevapora parte deste condensado que pode ser reaproveitado em forma de vapor flash, na bateria ou grupo anterior.

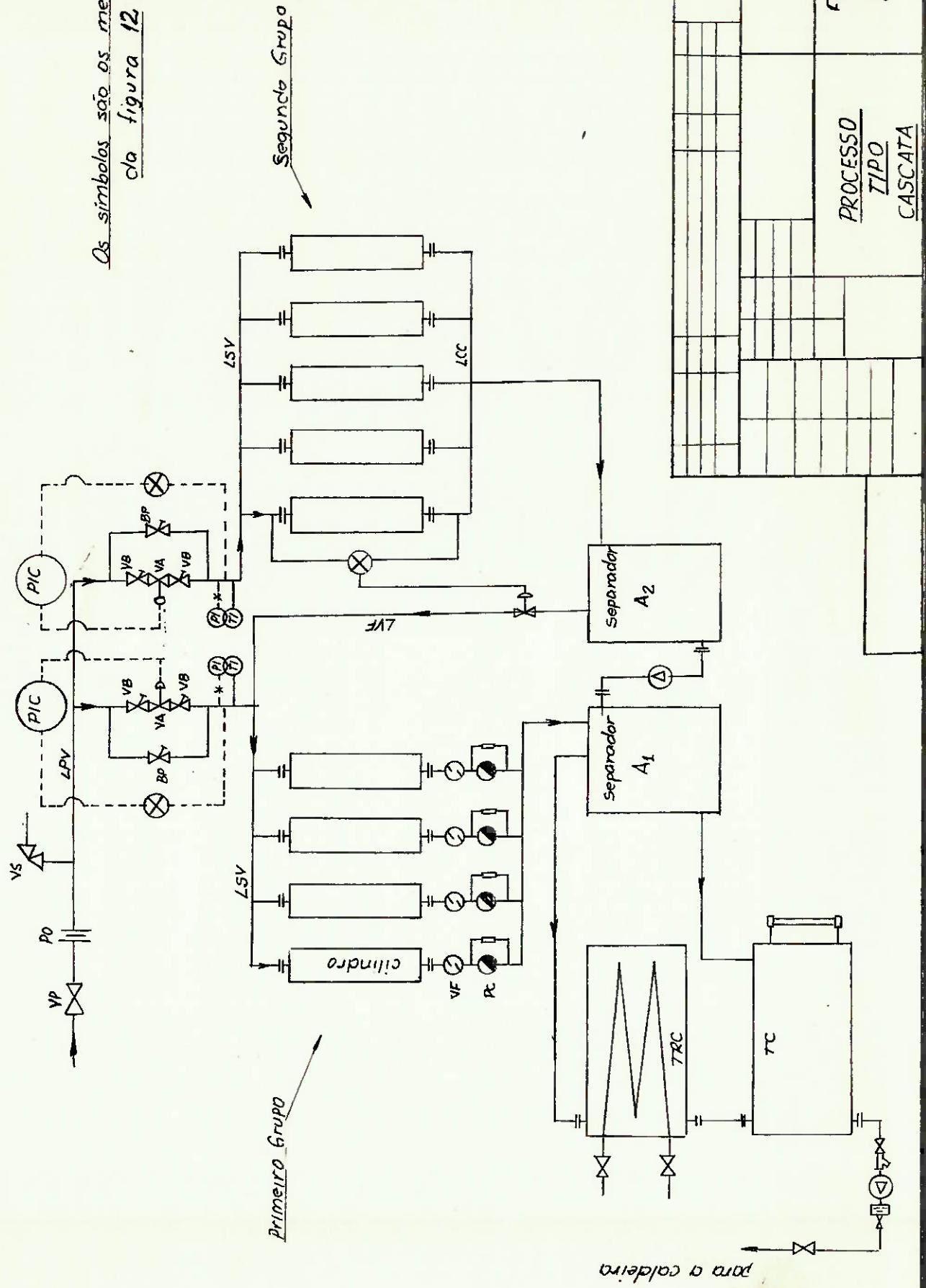
A figura 13 representa esquematicamente o funcionamento de um sistema de vapor e condensado tipo Casca simplificado, usado em máquinas de papel nas quais a parte da secagem é formada por baterias de cilindros secadores. O sistema obviamente apresentará variações de uma para outra máquina em função do papel a ser produzido, da produção requerida, etc.

No processo tipo cascata, o vapor vivo da linha principal primeiramente é utilizado numa bateria de cilindros a qual requer uma pressão mais alta. O condensado é extraído dessa bateria e conduzido através da linha coletora para o tanque separador.

Neste tanque separador, o condensado sofre uma queda de pressão, consequentemente parte do mesmo se reevapora formando o que chamamos de vapor flash e segue pela linha do mesmo nome indo alimentar a bateria de cilindros anterior.

Para evitar que em algum momento de instabilidade do sistema, este vapor seja superior ao necessário nessa bateria, e dessa forma, tenhamos que jogar o excesso fora, os cálculos são feitos para obtermos o vapor de flash aproximadamente 55% a 85% do vapor necessário. Assim sendo, vapor vivo é admitido através da válvula automática da linha secundária que opera em conjunto com a linha de vapor flash, perfazendo dessa forma a vazão total de vapor necessário na bateria.

O condensado que não se reevaporou neste tanque separador segue para outro tanque separador à pressão mais baixa, onde teremos novo flash que será condensado em um trocador de calor, e enviado ao tanque de condensado. O condensado do segundo separador seguirá



23. 
Figure 13

13

PROCESSO
TIPO
CASCATA

também para o tanque de condensado de onde serão enviados às caldeiras, onde serão novamente aquecidos e transformados em vapor, reiniciando-se assim todo o processo.

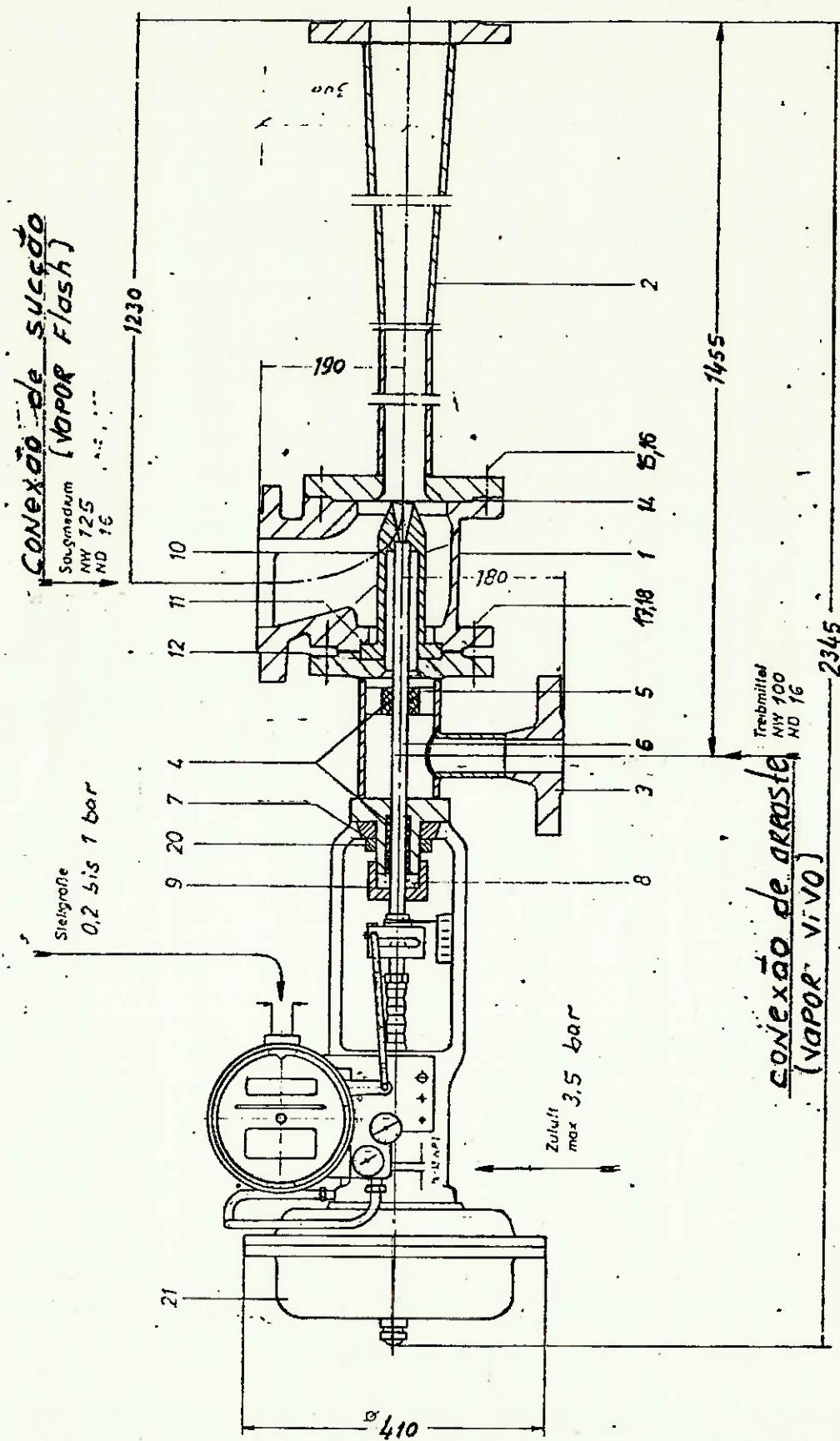
Não considerando as perdas, drenos, purgas, etc, podemos afirmar que este é um processo cíclico.

Como já foi anteriormente comentado podemos ter de uma para outra máquina "cascata" variações quanto ao número de cilindros secadores ou número de cilindros agrupados numa bateria, número de baterias, ou ainda o número de tanques separadores, etc., entretanto o princípio básico descrito acima será o mesmo para qualquer que seja o "arranjo" utilizado.

III.5.d - PROCESSO TERMOCOMPRESSOR

Didaticamente este equipamento pode ser comparado a um "ejetor" de grandes dimensões, (figura 14), o qual tem sua conexão de succão ligada à parte superior do tanque separador de condensado, por onde succiona o vapor flash. Sua conexão de arraste está ligada à linha principal de vapor. Uma válvula controladora nessa linha faz com que vapor vivo e vapor flash se misturem em quantidades ideais de modo a se conseguir no bocal de saída um valor de pressão ajustado convenientemente à pressão de alimentação da bateria de secadores.

O processo com termocompressor assemelha-se ao tipo cascata, pois o mesmo também reaproveita o vapor flash liberado no separador de condensado. A diferença básica entre os dois processos reside no fato do termocompressor permitir que uma determinada bateria ou grupo reproveite o flash do seu próprio desaguamento. Assim a bateria trabalha independentemente, o que não ocorre no sistema cascata, onde deve haver uma coordenação de pressões entre as diversas baterias, a fim de



TERMOCOMPRESSOR

FIG 14

que o flash de uma possa ser convenientemente reaproveitado noutra de pressão mais baixa.

Esta independência de cada grupo de secadores no sistema com termocompressor é um fator muito positivo, pois evita que um problema qualquer ocorrido numa bateria ou grupo seja transmitido às demais baterias, alterando as condições de trabalho de todo o sistema.

A figura 15 representa esquematicamente um sistema de vapor e condensado com termocompressor usado em máquinas de papel nas quais a parte de secagem é formada por um único cilindro do tipo monolúcido.

OBS: O cilindro monolúcido é um cilindro secador de diâmetro maior, sobre o qual a folha é seca e lustrada ao mesmo tempo.

Este sistema apresentará variações de uma para outra máquina em função da qualidade do papel a ser produzido, de acordo com a produção requerida, etc.,.

A seguir abordaremos individualmente os elementos de construção comuns aos sistemas apresentados explicando seu funcionamento e suas funções no circuito.

II.5.e - ELEMENTOS COMUNS AOS PROCESSOS

1 - VÁLVULA PRINCIPAL "VP"

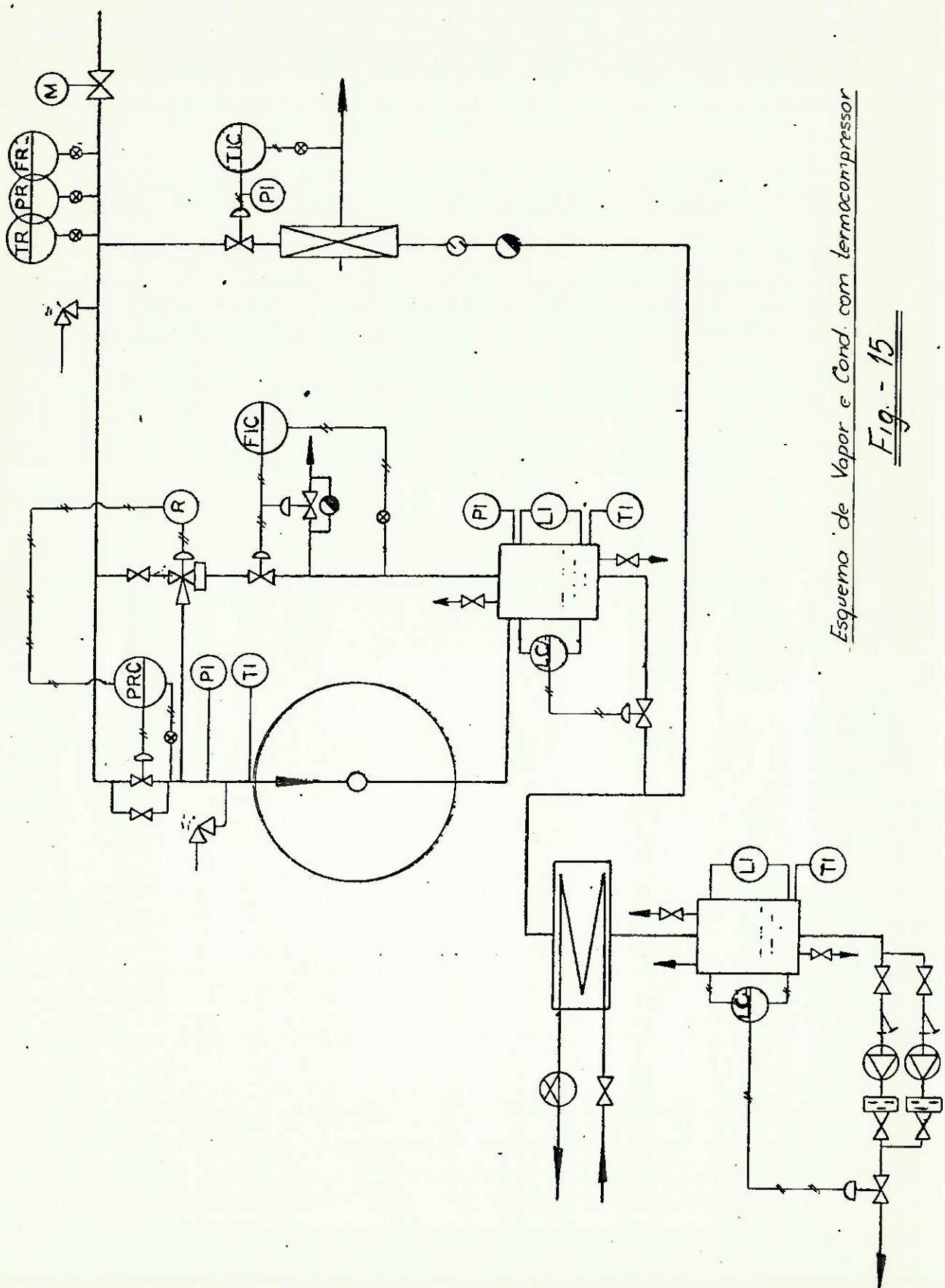
Este registro localizado na linha principal de vapor quando fechado isola a caldeira do sistema de vapor e condensado da MP.

É chamado de principal, pois por meio deste registro é efetuado o suprimento de vapor.

Normalmente é usado o tipo gaveta com By-pass próprio. Esse By-pass permite passagem de pequena vazão de vapor no inicio de operação com a finalidade de aquecer lentamente a tubulação antes de ser pressurizada, e

Fig. - 15

Esquema de Vapor e Cond. com termocompressor



vitando dessa forma dilatações bruscas ou golpes de ariete e suas consequências danosas.

Neste ponto achamos necessário explicar o fenômeno do "Golpe de Ariete" e o motivo das dilatações.

2 - GOLPES DE ARIETE

São violentos choques intermitentes que ocorrem ao longo de tubulações provocadas por brusca condensação do fluido na linha. Esta condensação brusca ocorre quando há na linha grande perda de calor originada pelo retardamento ou aceleração do escoamento, que pode ser ocasionada pela alteração rápida da seção de passagem (abertura de uma válvula ou pela presença de condensado represado na tubulação). Quando se trabalha com fluidos quentes (nossa caso) a situação se agrava, pois o fluido está sempre na iminência de alterar seu estado físico, vaporizando ou condensando à qualquer pequena alteração de pressão.

3 - DILATAÇÕES

São fenômenos que podem causar ruptura das tubulações. Por este motivo o sistema de tubulações deve ser construído de tal forma que as forças de dilatação possam ser absorvidas ou anuladas.

Todo metal ao ser submetido a variações de temperatura, sofre variações no comprimento. Essas variações no comprimento são as dilatações que, se não controladas, forçam os suportes fixos das tubulações, provocando reações que podem causar rupturas das mesmas em seus pontos de maior fragilidade.

4 - PLACA DE ORIFÍCIO

Trata-se de um elemento primário que tem por

finalidade medir a vazão de fluidos. No nosso caso mede a vazão de vapor na linha principal.

Seu funcionamento baseia-se no princípio de que todo fluido perde pressão ao encontrar um obstáculo na tubulação, assim uma placa com orifício é intercalada na tubulação e faz-se medições de pressão a jusante e a montante da placa. Com as pressões medidas determinamos a vazão. Este equipamento permite que se relacione o consumo de vapor com a produção de uma máquina.

5 - VÁLVULA DE SEGURANÇA

Por diversos motivos a pressão de uma tubulação pode sofrer um aumento e danificar a tubulação e/ou equipamentos da mesma. Para evitar esse problema utilizamos as válvulas de segurança.

Quando a pressão na tubulação atingir o valor de regulagem da válvula de segurança, ela se abrirá automaticamente liberando vapor para a atmosfera e impedindo o aumento da pressão.

Em instalações maiores temos válvulas deste tipo instalada em vários pontos, sempre com a função de proteger a tubulação e os outros equipamentos contra esses eventuais aumentos de pressão.

6 - VÁLVULA AUTOMÁTICA "VA"

Este tipo de válvula, quando localizada nas linhas de distribuição, têm a função de controlar a pressão do vapor de acordo com o exigido para uma determinada bateria de cilindros secadores. Nela o vapor sofre uma perda de carga (ou pressão), mantendo-se a jusante, no valor calibrado.

Após a válvula existe um sensor que envia um sinal de pressão a um controlador localizado no painel

de controle. Este aparelho responde ao sinal enviado pelo sensor controlando a abertura da válvula e consequentemente mantendo a pressão no valor desejado. Assim se a pressão baixar, a válvula receberá um sinal para dar maior abertura à passagem de vapor, se ao contrário, a pressão subir, a válvula reagirá em sentido inverso estrangulando a passagem de vapor.

Quando ocorre quebra de folha, para que a perda de vapor não seja muito grande, devemos alimentar os cilindros apenas com o vapor necessário para manter sua temperatura superficial. Esta regulagem também é feita pela válvula automática.

Sempre que se faz necessário manter um equipamento qualquer (cilindro secador, tanque separador, etc.), numa pressão pré-estabelecida, este tipo de válvula é instalada na tubulação que interliga o equipamento considerado ao sistema a que o mesmo pertence.

7 - VÁLVULA DE BLOQUEIO

Normalmente é usado o tipo gaveta devido a menor perda de carga, pois a mesma deve trabalhar totalmente aberta. Sua principal função é bloquear a passagem do fluido quando a válvula de controle estiver fora de operação, fazendo com que o mesmo se escoe através do By-pass. Em linhas de vapor, apesar da maior perda de carga, costuma-se adotar as válvulas de passagem reta por causa do fenômeno de "travamento" que ocorre em válvulas de gaveta, quando submetidas a serviços com temperaturas elevadas.

8 - TERMOMETRO "TI"

Instrumento destinado ao controle visual da temperatura nas linhas de vapor.

9 - MANOMETRO "PI"

Instrumento destinado ao controle visual da pressão nas linhas.

A leitura simultânea destes dois instrumentos nos permite avaliar as condições térmicas do sistema.

Assim se para um determinado valor de temperatura, lido no termômetro, lermos no manômetro uma pressão diferente da pressão correspondente ao vapor saturado, temos duas possibilidades.

- 1 - se a pressão lida for menor, indica superaquecimento do vapor.
- 2 - se a pressão lida for maior, indica presença de gases incondensáveis na tubulação.

Os dois fatores prejudicam a qualidade da seca gem. Portanto deve-se manter a pressão e temperatura no ponto correspondente, fazendo a regulagem pela válvula.

10 - RAMAL DE ALIMENTAÇÃO

Tubo que une a linha distribuidora de vapor ao bocal do cilindro. Existe um ramal para cada cilindro.

11 - ELEMENTO FLEXÍVEL

Está localizado entre a união rotativa do cilindro e o ramal de carga e/ou descarga. Este tubo flexível é especialmente fabricado para absorver movimentos de dilatações das tubulações e também vibrações ocasionadas pelo movimento de rotação dos cilindros.

12 - UNIÃO ROTATIVA

É a conexão existente na entrada e saída dos cilindros. Uma só união rotativa pode conter duas passagens; uma para entrada de vapor, e outra para saída de condensado. Existem também uniões com uma só passagem

para os casos em que a alimentação se dá por um lado e a descarga pelo lado oposto da MP.

13 - RAMAL DE DESCARGA

É o tubo que une o cilindro à linha coletora - de condensado. Existe um ramal de descarga para cada cilindro secador.

14 - LINHA COLETORA DE CONDENSADO

Esta tubulação coleta todo condensado descarregado pela bateria de cilindros e o conduz ao tanque separador de condensado.

15 - LINHA DISTRIBUIDORA DE VAPOR

Esta tubulação se origina na linha principal de vapor e distribui vapor para uma determinada bateria de cilindros.

16 - PURGADORES (PC)

São elementos que instalados no sistema têm por finalidade controlar automaticamente o fluxo através das tubulações.

Em regra geral os purgadores dão passagem ao condensado e bloqueiam o fluxo de vapor, entretanto, nas máquinas para fabricação de papel, quando adicionados nos ramais de descarga são ajustados para dar passagem a uma parcela de vapor. Eles são adequados ao tipo de desaguamento e à diferença de pressão existente entre a entrada e saída dos cilindros secadores.

Os purgadores funcionam também como desaeradores, isto é, libertam para a atmosfera os gases incondensáveis existentes no sistema.

17 - VISOR DE FLUXO

São elementos instalados nas linhas de descargas, através dos quais pode-se observar visualmente o fluxo de condensado. A análise do fluxo mencionado revela com relativa precisão as condições internas de trabalho da instalação, podendo-se prever se há perda de vapor vivo ou represamento de condensado no interior dos cilindros, permitindo o aproveitamento do vapor nas melhores condições possíveis.

18 - LINHA PRINCIPAL DE VAPOR

Esta é a tubulação que se origina na caldeira e conduz o vapor para toda a máquina. É também chamada de linha de vapor vivo.

19 - LINHA DE VAPOR FLASH

É a tubulação de vapor que sai do tanque separador de condensado e entra na linha de distribuição de vapor, auxiliando a alimentação da bateria de cilindros correspondentes. A linha de vapor flash assim como a linha distribuidora de vapor operam controladas por válvulas automáticas, as quais permitem seu funcionamento em conjunto para a alimentação adequada dos cilindros.

20 - TANQUE SEPARADOR DE CONDENSADO

Este tanque coleta o condensado proveniente das diversas baterias de cilindros. Nele o condensado sofre uma perda de pressão e portanto reevapora-se saindo pela parte superior através da linha de vapor flash indo alimentar outra bateria de cilindros secadores.

21 - CONDENSADOR (TROCADOR DE CALOR)

Este equipamento tem a função de condensar o vapor e/ou resfriar o condensado que está entrando no tanque coletor.

Tanto ao chegar nesse tanque, quanto ao ser succionado pelas bombas, o condensado perde pressão e pode sofrer uma reevaporação. Essa reevaporação provoca o fenômeno de cavitação nas bombas e portanto deve ser evitado. Com o condensador resolvemos esse problema.

OBSERVAÇÃO: Os aparelhos e dispositivos aqui descritos são os de fundamental importância, existem vários outros que podem ser adaptados ao sistema para uma melhora de sua eficiência e/ou mudança de suas características.

II.5.f - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE VAPOR E CONDENSADO

O vapor chega à máquina através da linha principal devendo estar com uma temperatura ligeiramente superior à temperatura de saturação.

Depois do registro principal, normalmente, instala-se uma válvula controladora de pressão para eliminar variações de pressão originadas na caldeira ou na rede principal.

Segue o equipamento de medição composto de registrador de fluxo, pressão e temperatura. Para controle local tem-se um termômetro e um manômetro.

Logo depois desses equipamentos deve-se instalar uma válvula de segurança a qual deve ser calibrada para uma pressão 10% acima do valor máximo de trabalho na linha de distribuição. É aconselhável efetuar-se diversas provas de abertura desta válvula, logo no início de funcionamento da máquina de papel, para se evitar

uma sobrecarga dos equipamentos caso ela esteja em condições anormais de funcionamento.

Entrando na linha de distribuição, temos uma válvula automática para o controle da pressão do respetivo grupo, a qual, como já foi dito, fica entre duas válvulas de bloqueio e é controlada por intermédio de um sensor de pressão colocado após as três válvulas. Temos ainda o By-pass que entra em operação quando utilizamos as válvulas de bloqueio para uma eventual manutenção na válvula automática.

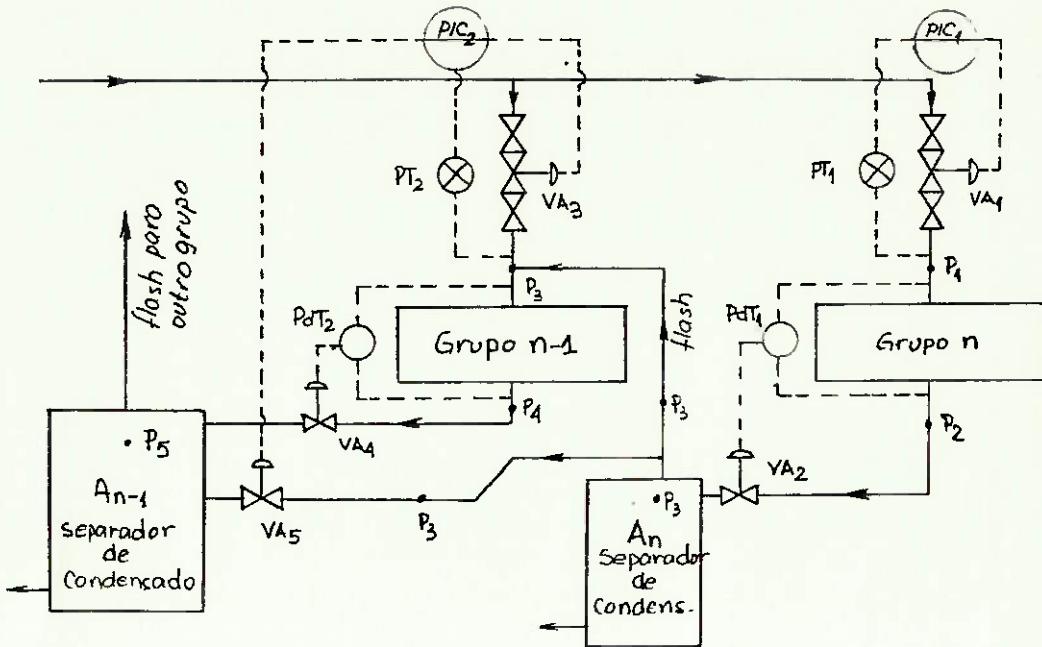
Posteriormente, temos um manômetro e um termômetro com os quais, como também já foi dito, podemos verificar se o vapor está superaquecido ou se existem ar ou gases no sistema.

No ramal de alimentação temos, para todos os cilindros, válvulas de bloqueio, elementos flexíveis e uniões rotativas. Para os primeiros cilindros (primeiro grupo) as válvulas de bloqueio são de regulagem manual e individual, possibilitando uma regulagem de pressões crescentes e consequentemente uma curva de temperaturas crescentes evitando danos à folha (isso é necessário devido à baixa evaporação inicial). Para este caso, devemos instalar um manômetro para cada cilindro. Podemos ter ainda válvulas automáticas para uma maior segurança.

No ramal de descarga temos, também para todos os cilindros, válvulas de três vias para quebrar o vácuo quando o mesmo for desligado (abre o cilindro para a atmosfera), elementos flexíveis, uniões rotativas e visores de fluxo para controle do desaguamento.

Para o sistema convencional ou para o primeiro grupo do sistema cascata temos ainda, no ramal de descarga, um purgador. Esse elemento regula a passagem do vapor e condensado ou em outras palavras, regula a diferença de pressão entre a entrada e saída do cilindro secador.

Para os grupos seguintes do sistema cascata, utiliza-se um outro processo que permite uma regulagem não só da diferença de pressão, mas também da pressão a pós o grupo. Este processo, para os dois últimos grupos de um processo cascata, é:



A válvula VA_1 controla a pressão P_1 por intermédio do sensor PT_1 e do indicador-controlador de pressão PIC_1 . O sensor diferencial PdT_1 mantém a diferença de pressão ($P_1 - P_2$) constante.

Caso P_2 aumente, diminuindo $(P_1 - P_2)$, o sensor PdT₁ atuará de maneira a abrir VA₂ e PT₂ através de PIC₂, de maneira a fechar VA₃, para que P_3 não aumente. Se com VA₂ totalmente aberta e VA₃ totalmente fechada, P_3 (e P_2) ainda estiver alta, PIC₂ abrirá VA₅. Caso P_2 diminua, aumentando $(P_1 - P_2)$, VA₂ será fechada e VA₃ aberta.

O sensor PdT_2 controla $(P_3 - P_4)$ atuando em VA_4 .

Saindo dos ramais de descarga o condensado e o vapor de passagem são conduzidos aos separadores de condensado.

Do separador em diante não existe uma descrição básica, pois existem muitos arranjos diferentes. Só o que poderemos dizer, é que normalmente:

- 1 - Resfriamos o condensado em um condensador antes de bombeá-lo novamente à caldeira, evitando dessa forma a cavitação na bomba e aproveitando um pouco da energia ainda existente nesse condensado.
- 2 - Para papéis mais finos, os primeiros cilindros do primeiro grupo de secadores, trabalham com pressões absolutas menor que a unidade, ou seja, trabalham com vácuo, para obtermos temperaturas iniciais inferiores a 100°C. Neste caso, no separador de condensado, devemos observar que as bombas tenham um dispositivo de selagem através do condensado para evitar a entrada de ar no sistema. Esse vácuo é obtido uma bomba de vácuo instalada após o condensador.
- 3 - Para a instalação de uma bomba, temos a seguinte sequência de equipamentos:
 - 1º - válvula gaveta manual
 - 2º - filtro "Y"
 - 3º - bomba
 - 4º - válvula de retenção
 - 5º - outra válvula gaveta manual
- 4 - É normal ainda termos aquecedores para aquecimento do ar utilizado na coifa e no prédio da máquina, e utilizarmos o condensado para aquecimento dos rolos de calandras e/ou prensas, monolúcidos, etc., cujos sistemas de vapor e condensado devem ser encaixados ao sistema dos cilindros. Veja no esquema de vapor e condensado, anexo no final deste trabalho, um exemplo de como poderíamos utilizar o condensado para aquecer dois rolos de uma calandra.

II.5.g - A MANUTENÇÃO

Um sistema de vapor e condensado não requer manutenção minuciosa, pois a manutenção propriamente dita limita-se quase que exclusivamente a seus componentes, de maneira que devemos observar as instruções correspondentes aos equipamentos:

- 1 - bomba de condensado
- 2 - bomba de vácuo
- 3 - trocador de calor
- 4 - purgadores
- 5 - vaposcópio
- 6 - válvula de retenção
- 7 - válvula de segurança
- 8 - filtros
- 9 - atuadores elétricos
- 10- válvula principal

Como manutenção preventiva do sistema, deve-se dar atenção a um aperto correto dos parafusos das conexões flangeadas, assim como um exame visual periódico das respectivas juntas para evitar fugas desnecessárias e perigosas.

Devemos também atentar para os elementos flexíveis, para que estes operem corretamente em seus apoios, pois um travamento das guias ou afrouxamento de um ponto fixo poderá ocasionar uma ruptura do elemento flexível.

II.6 - DETERMINAÇÃO DE UMA LINHA DE VAPOR E CONDENSADO

II.6.a - INTRODUÇÃO

O primeiro passo para o cálculo de um sistema

de vapor e condensado é saber qual o produto a ser fabricado e qual a produção desejada. Com o produto sabremos também qual a pressão máxima de vapor saturado (temperatura) que poderemos utilizar sem causar danos à folha formada. Estas pressões podem ser observadas nos gráficos produzidos pela TAPPI, a partir de dados colhidos de máquinas já existentes - páginas 77 a 83.

Tendo a pressão máxima, adotamos uma pressão média de trabalho com a qual entramos nos gráficos mencionados e tiramos a evaporação específica média da máquina.

Com a evaporação específica obtida, a produção, a largura que a folha terá, o diâmetro dos cilindros (a dotar um valor normalizado) e as porcentagens de seco da folha no início e fim da seção de secagem, calculamos o número de cilindros.

Sabendo o tipo de produto poderemos ainda dizer qual o processo mais adequado, cascata ou termocompressor. Por exemplo, uma máquina para produzir papel de apenas uma gramatura, como é o caso do papel jornal, e que portanto, receberá somente uma regulagem térmica, no início de funcionamento (start-up) será melhor um processo tipo cascata (mais barato e de regulagem mais demorada).

Uma máquina que produzirá papel branco de várias gramaturas receberá uma regulagem para cada mudança de papel. Para esta máquina será melhor um processo com termocompressor (mais caro mas de regulagem mais rápida).

O próximo passo será a divisão dos grupos de secagem e a determinação das pressões de cada um. Respeitando a pressão média de trabalho, essas determinações são feitas de forma a obtermos, de cada separador de condensado, um flash de 60% a 80% do vapor total ne-

cessário ao grupo onde o mesmo será aproveitado.

Ainda seguindo a idéia acima, procuramos fazer com que os grupos de secagem sejam os mesmos que os grupos de acionamento, pois isso facilita a regulagem da máquina.

Para conseguirmos a situação acima, devemos adotar as pressões e calcular o flash. Caso estejamos muito fora da faixa desejada, deveremos mudar os grupos e/ou pressões e fazer os cálculos novamente.

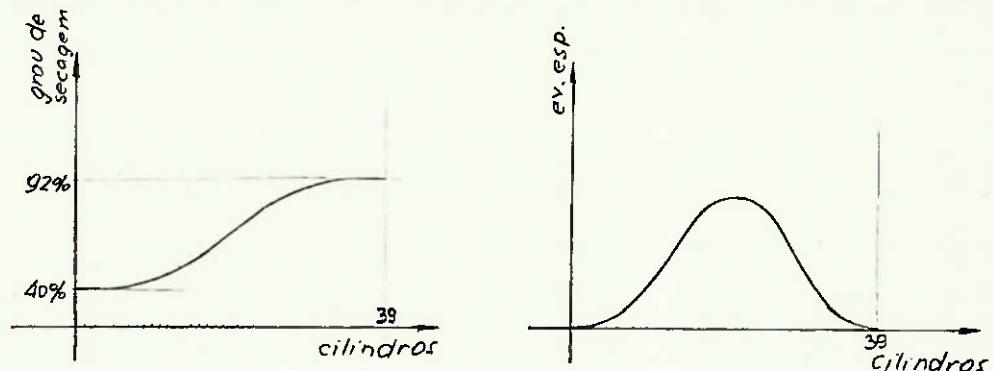
No primeiro grupo a pressão varia do primeiro ao último cilindro para poder proporcionar um aumento de temperatura e evaporação específica bem suaves. Nos grupos seguintes a pressão é a mesma para todos os cilindros.

Para o cálculo das vazões de vapor em cada grupo precisaremos determinar a evaporação específica de cada um e essa determinação é feita em função da porcentagem de seco na entrada e saída dos mesmos.

Para calcular as porcentagens de seco utilizamos um processo gráfico que consiste em admitir uma curva de grau de secagem ao longo dos cilindros e a partir dela calcular a evaporação específica para cada cilindro. Montando um gráfico com as evaporações calculadas, deveremos obter uma curva suave e bem distribuída sobre os cilindros. As suas extremidades devem possuir valores baixos e o meio o valor máximo. Isso deve ocorrer porque no início a maior parte do calor fornecido é utilizado para o aquecimento da água+folha, sobrando pouco para a evaporação e no final por ser pequena a quantidade de água que ainda resta para ser evaporada.

Caso a curva de evaporação específica esteja mal distribuída ou possua variações bruscas, deveremos modificar a curva de grau de secagem admitida inicialmente.

As curvas mencionadas têm o seguinte aspecto:



Tendo então definido o processo, os grupos de secagem com as pressões de trabalho e as evaporações específicas procuramos saber quais os outros equipamentos que deverão ser aquecidos e desenhamos um esquema geral. Com base nesse esquema passamos a calcular as vazões de vapor e condensado e suas pressões para os diversos pontos.

Para termos uma idéia bem clara do que significa a determinação de uma linha de vapor e condensado farei um cálculo completo para uma máquina hipotética.

II.6.b - OS CÁLCULOS PARA UMA MÁQUINA HIPOTÉTICA

1 - Dados iniciais

- Tipo de papel: papel jornal
- Gramatura: $g = 52 \text{ g/m}^2$
- Produção desejada: $P_r = 509 \text{ tón/24h}$
- Grau de secagem após as prensas (entrada dos secadores): $GS_0 = 40\%$
- Grau de secagem na saída dos secadores: $GS_{39} = 92\%$
- Diâmetro dos secadores adotado: $D = 1800 \text{ mm}$
- Largura da máquina (folha): $L = 6800 \text{ mm}$

2 - Cálculo do número de cilindros (este é um cálculo a proximado, normalmente feito pela seção de vendas)

Do gráfico da TAPPI, TSI 014-42, anexo no final deste trabalho, obtemos a pressão máxima (P_{max})

$$P_{max} = 3,4 \text{ bar rel. (50 psig)}$$

Adotando a pressão média $P_{med} = 2,3 \text{ bar rel. (33,8 psig)}$ = 3,3 bar abs. temos, para uma máquina GOOD, do mesmo gráfico, a evaporação específica (w')

$$w' = 3,7 \text{ lb/h.ft}^2 \text{ (18,1 kg/h.m}^2)$$

Essa evaporação foi calculada considerando a área total dos cilindros (100% de contato). Para apenas 60% dessa área obtemos:

$$w = \frac{w'}{0,6} = \frac{18,1}{0,6} = 30,2 \text{ kg/h.m}^2$$

- quantidade de água a ser evaporada (W)

$$W = \frac{P_r}{24} \left(\frac{GS_{39}}{GS_0} - 1 \right) = \frac{509000}{24} \left(\frac{92}{40} - 1 \right) = 27570 \text{ kg/h}$$

- área de secagem necessária (A)

$$A = \frac{W}{w} = \frac{27570}{30,2} = 912,9 \text{ m}^2$$

- área de um cilindro em contato com o papel (a)

$$a = \pi \cdot D \cdot L \cdot 0,6 = \pi \times 1,8 \times 6,8 \times 0,6 = 23,1 \text{ m}^2$$

- número de cilindros (N)

$$N = \frac{A}{a} = \frac{912,9}{23,1} = 39,5$$

Adotarei 39 cilindros, pois normalmente obtemos mais de 40% seco após as prensas.

3 - Determinação do processo

Pelo que já foi explicado o processo será tipo cacata.

4 - Determinação dos grupos e pressões

Adotarei o arranjo esquematizado na próxima página, com os seguintes grupos e pressões

1º grupo - cilindros 1 a 7 subdivididos em

cilindros 1, 3 e 5 - $P_{med} = 1,2 \text{ bar}$

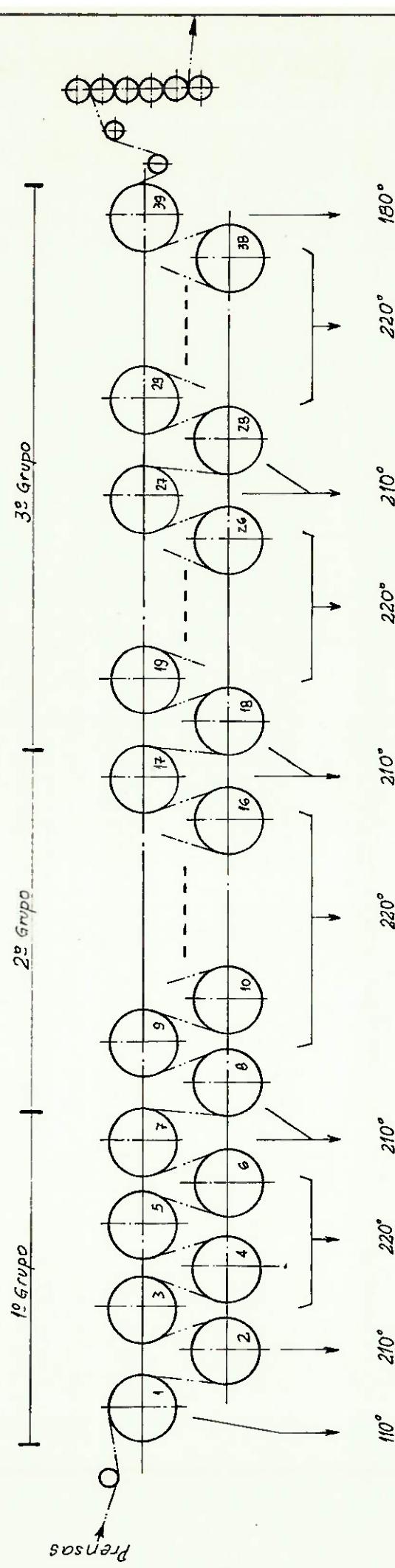
cilindros 2, 4, 6 e 7 - $P_{med} = 2,0 \text{ bar}$

2º grupo - cilindros 8 a 17 - $P_{med} = 3,0 \text{ bar}$

3º grupo - cilindros 18 a 39 - $P_{med} = 3,7 \text{ bar}$

5 - Determinação do grau de secagem após cada grupo - (construção dos gráficos)

Do arranjo adotado podemos preencher a tabela seguinte:



ESQUEMA DOS SECADORES

FIGURA 16

CILINDRO	ÂNGULO DE ABRAÇAMENTO	ÁREA DE CONTATO $A_n = \frac{D \cdot L \cdot \alpha}{2}$
nº	α°	m^2
01	110	11,81
02	210	22,56
03 a 06	220	23,63
07 e 08	210	22,56
09 a 16	220	23,63
17 e 18	210	22,56
19 a 26	220	23,63
27 e 28	210	22,56
29 a 38	220	23,63
39	180	19,33

- Superfície de secagem total $A_t = 897,96 \text{ m}^2$
- Superfície de secagem do 1º grupo $A_{1\circ} = 151,45 \text{ m}^2$
- Superfície de secagem do 2º grupo $A_{2\circ} = 234,16 \text{ m}^2$
- Superfície de secagem do 3º grupo $A_{3\circ} = 512,35 \text{ m}^2$
- Quantidade de massa (água+folha) a 92% seco ($m_{92\%}$)

$$m_{92\%} = P_r = 509000 \text{ kg/24h} = 21208 \text{ kg/h}$$

- Quantidade de massa a 100% seco (folha) ($m_{100\%}$)

$$m_{100\%} = 0,92 \cdot (m_{92\%}) = 0,92 \times 21208 = 19511 \text{ kg/h}$$

- Quantidade de massa a 40% seco ($m_{40\%}$)

$$m_{40\%} = \frac{m_{100\%}}{0,40} = \frac{19511}{0,40} = 48778 \text{ kg/h}$$

Com a curva de grau de secagem adotada, calcular a evaporação específica de cada cilindro através da seguinte relação:

$$w_n = \frac{m_{n-1} - m_n}{A_n} \quad \text{onde} \quad m_n = \frac{m_{100\%}}{GS_n}$$

w_n = evaporação específica do cilindro n

m_{n-1} = massa total que sai do cilindro n-1 (folha+água)

m_n = massa total que sai do cilindro n (folha+água)

A_n = área do cilindro n (tabela anterior)

$m_{100\%}$ = massa a 100% seco

GS_n = grau de secagem após o cilindro n (lido na curva adotada)

A seguir temos uma tabela com os resultados obtidos (evaporações específicas) e o gráfico montado com eles. Como poderemos ver, a curva obtida está bem distribuída sobre os cilindros, de forma que podemos acei-

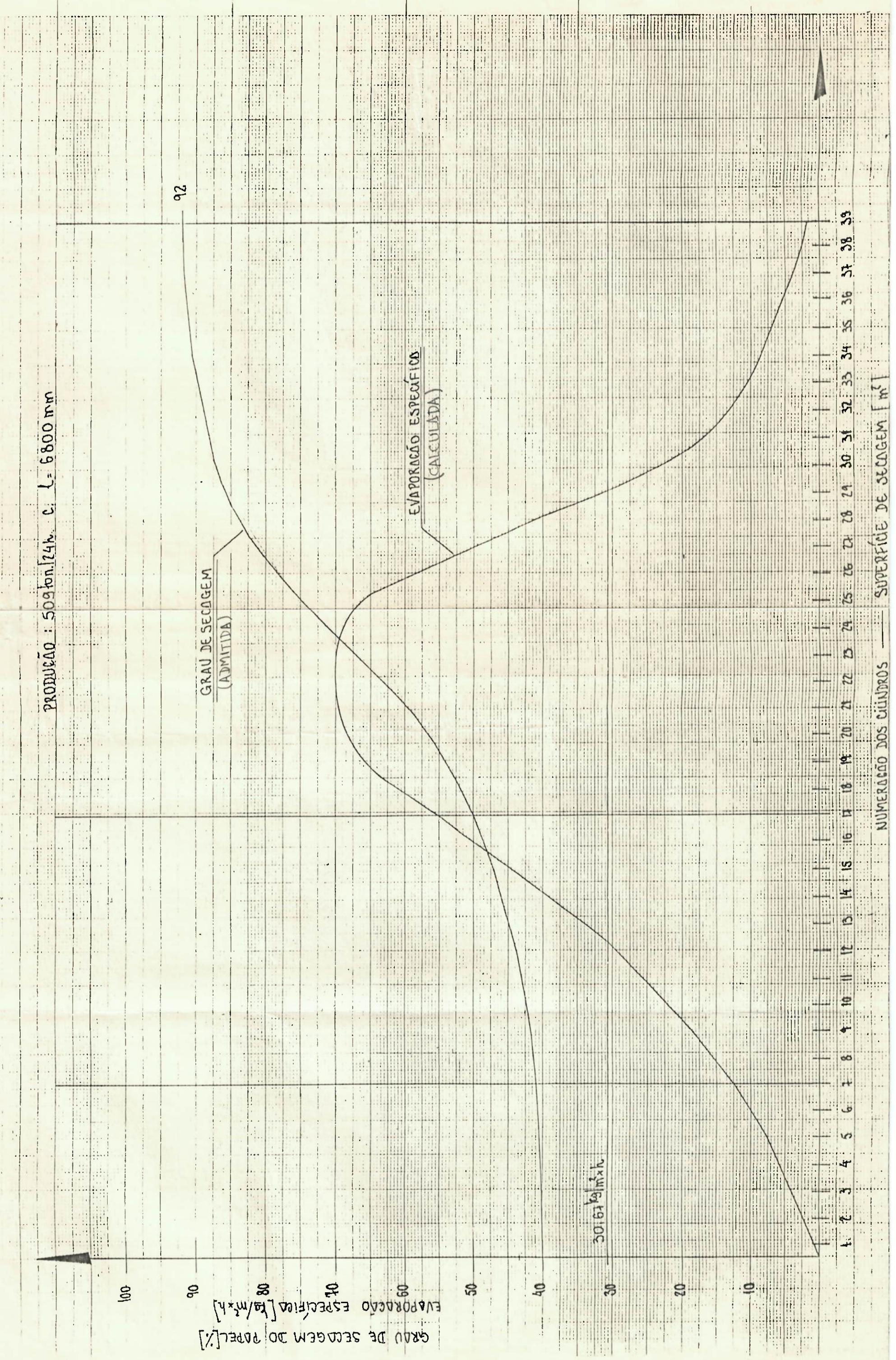
tar a curva de grau de secagem admitida inicialmente.

CILINDRO	GRAU DE SECAGEM	EVAPORAÇÃO ESPECÍFICA
nº	%	kg/h.m ²
01 a 03	40,20	4,18
04 e 05	40,50	7,60
06 e 07	41,00	12,44
08 e 09	41,75	18,49
10 a 12	43,70	29,41
13 a 15	47,00	44,22
16 e 17	50,00	53,20
18 e 19	54,30	66,00
20 a 22	63,00	70,00
23 a 25	74,50	67,44
26 a 28	83,50	41,05
29 a 31	88,00	16,84
32 a 34	90,50	8,63
35 a 37	91,70	3,98
38 e 39	92,00	1,61

lidos na curva
admitida

calculados com
a relação anterior

PRODUÇÃO: 509 ton/24h. C. L = 6800 mm



6 - Cálculo das evaporações específicas médias

- Massa de água total a ser evaporada (m_{ev})

$$m_{ev} = m_{40\%} - m_{92\%} = 48778 - 21208 = 27570 \text{ kg/h}$$

- Massa de água a ser evaporada no primeiro grupo (m_{1o})

$$m_{1o} = m_{40\%} - m_{41\%} \quad \text{onde} \quad m_{41\%} = \frac{m_{100\%}}{0,41}$$

$$m_{41\%} = \frac{19511}{0,41} = 47588 \text{ kg/h}$$

$$m_{1o} = 48778 - 47588 = 1190 \text{ kg/h}$$

- Massa de água a ser evaporada no segundo grupo (m_{2o})

$$m_{2o} = m_{41\%} - m_{50\%} \quad \text{onde} \quad m_{50\%} = \frac{m_{100\%}}{0,50}$$

$$m_{50\%} = \frac{19511}{0,50} = 39022 \text{ kg/h}$$

$$m_{2o} = 47588 - 39022 = 8566 \text{ kg/h}$$

- Massa de água a ser evaporada no terceiro grupo (m_{3o})

$$m_{3o} = m_{50\%} - m_{92\%} = 39022 - 21208 = 17814 \text{ kg/h}$$

- Evaporação específica média total (w_t)

$$w_t = \frac{m_{ev}}{A_t} = \frac{27570}{897,96} = 30,70 \text{ kg/h.m}^2$$

- Evaporação específica média do 1º grupo (w_{1o})

$$w_{1o} = \frac{m_{1o}}{A_{1o}} = \frac{1190}{151,45} = 7,85 \text{ kg/h.m}^2$$

- Evaporação específica média do 2º grupo (w_{2o})

$$w_{2o} = \frac{m_{2o}}{A_{2o}} = \frac{8566}{234,16} = 36,58 \text{ kg/h.m}^2$$

- Evaporação específica média do 3º grupo (w_{3o})

$$w_{3o} = \frac{m_{3o}}{A_{3o}} = \frac{17814}{512,35} = 34,77 \text{ kg/h.m}^2$$

7 - Determinação do esquema geral

O esquema geral com suas válvulas, bombas e tudo aquilo já mencionado anteriormente encontra-se no final deste trabalho. Nele podemos verificar que ao sistema de aquecimento dos cilindros foram encaixados um sistema para aquecimento do ar da côifa e um outro para aquecimento de dois rolos de uma calandra.

O aquecimento dos rolos da calandra não foi considerado para o cálculo do vapor e condensado. Ele consta do esquema geral apenas para mostrar uma das maneiras de fazermos esse aquecimento (utilizando o condensado).

O aquecimento do ar da coifa está representado pelos três aquecedores, à esquerda, no esquema geral. Este aquecimento foi incluído nos cálculos.

8 - Cálculo da energia necessária para cada grupo

- para aquecer a água temos: $Q = m_{ev} \cdot C_p \cdot (T_{ev} - T_p)$

- para aquecer o papel temos: $Q = m_{100\%} \cdot C_p \cdot (T_{ev} - T_p)$

T_{ev} = temperatura em que a água evapora $\approx 80^{\circ}\text{C}$

T_p = temperatura após as prensas $\approx 40^{\circ}\text{C}$ a 50°C

C_p = calores específicos à pressão constante

- para evaporar a água temos $Q = m_i \cdot h_{lv}$

m_i = massa de água a ser evaporada em cada grupo

h_{lv} = entalpia de vaporização da água a 80°C

- 1º Grupo - aquecer água+papel e evaporar água

$$Q_{1\text{o}} = (29267 \times 1 \times 30) + (19511 \times 0,34 \times 30) +$$

$$+ (1190 \times 511) = 1732712 \text{ kcal/h}$$

- 2º e 3º Grupos - apenas evaporar água

$$Q_{2\text{o}} = 8566 \times 551 = 4719866 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{3\text{o}} = 17814 \times 551 = 9815514 \text{ kcal/h}$$

9 - Cálculo do consumo de vapor de cada grupo

$$m_{v_i} = \frac{Q_i}{h_{lv_i} \cdot 0,85}$$

Q_i = são as energias determinadas no item anterior

h_{lv_i} = entalpias de vaporização da água às pressões de cada grupo

- 1º Grupo - utilizando a divisão feita no item anterior temos:

- cilindros 1, 3 e 5 ($m_{v_{sup}}$) - $P_{med} = 1,2$ bar

$$m_{v_{sup}} = \frac{1732712 \times 3}{7 \times 536 \times 0,85} = 1630 \text{ kg/h}$$

- cilindros 2, 4, 6 e 7 ($m_{v_{inf}}$) - $P_{med} = 2,0$ bar

$$m_{v_{inf}} = \frac{1732712 \times 4}{7 \times 525,9 \times 0,85} = 2215 \text{ kg/h}$$

$$m_{v_{1e}} = 1630 + 2215 = 3845 \text{ kg/h}$$

- 2º Grupo - $P_{med} = 3,0$ bar

$$m_{v_{2e}} = \frac{4719866}{516,8 \times 0,85} = 10745 \text{ kg/h}$$

- 3º Grupo - $P_{med} = 3,7$ bar

$$m_{vp3} = \frac{9815514}{511,7 \times 0,85} = 22567 \text{ kg/h}$$

10 - Cálculo do consumo de vapor de passagem

Experiências demonstraram que devemos ter um volume de 100 a 133 vezes maior que o volume de condensado, (função do tipo de papel), ou seja,

$$m_{vp} \cdot v_{vp} = m_c \cdot v_c \cdot (100 \text{ a } 133)$$

m_{vp} = massa do vapor de passagem

v_{vp} = volume específico do vapor de passagem à pressão do respectivo grupo

m_c = massa de condensado que devemos retirar = m_{v_i}

v_c = volume específico do condensado à pressão do respectivo grupo

100 - utilizado para papéis de alta gramatura

133 - utilizado para papéis de baixa gramatura

- 1º Grupo - ainda com a subdivisão feita anteriormente

$$m_{vp_{sup}} = \frac{1630 \times 0,0010468 \times 133}{1,455} = 156 \text{ kg/h}$$

$$m_{vp_{inf}} = \frac{2215 \times 0,0010600 \times 133}{0,9018} = 346 \text{ kg/h}$$

$$m_{vp_{1}} = 156 + 346 = 502 \text{ kg/h}$$

- 2º Grupo

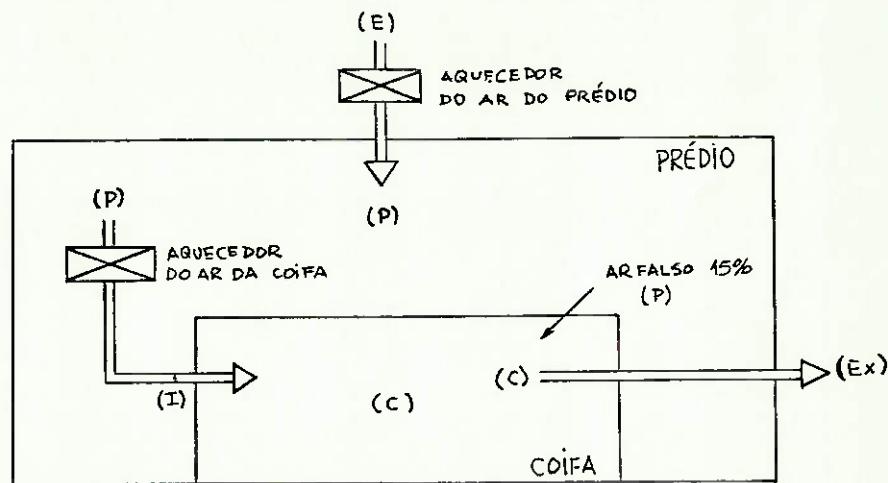
$$mvp_{2º} = \frac{10745 \times 0,0010726 \times 133}{0,6165} = 2484 \text{ kg/h}$$

- 3º Grupo

$$mvp_{3º} = \frac{22567 \times 0,0010800 \times 133}{0,5064} = 6401 \text{ kg/h}$$

II - Cálculo do consumo de vapor para aquecimento do ar insuflado na coifa

Vou considerar, para este cálculo, o seguinte esquema e as seguintes condições:



- (E) = condições externa - $T_e = 10^\circ\text{C}$

- $\phi_e = 70\% =$ umidade relativa

- (P) = condições do prédio - $T_p = 30^\circ\text{C}$

- (I) = condições de insuflamento - $T_i = 100^\circ\text{C}$

- (C) = condições da coifa - $T_0 = 58^\circ\text{C} = \text{temp. orvalho}$
- umidades absolutas - $X_e = X_p = X_i$ e $X_o = X_c = X_{ex}$
 - $X_o = \text{um. abs. à } T_0$
 - $X_{ex} = \text{um. abs. na exaustão}$
- entrada de ar falso na coifa = 15%

Considerando esses 15% de entrada de ar falso, podemos calcular a temperatura da coifa que é também a temperatura de exaustão

$$T_c = T_{ex} = (0,15 \cdot T_p) + (0,85 \cdot T_i)$$

$$T_c = T_{ex} = (0,15 \times 30) + (0,85 \times 100) = 90^\circ\text{C}$$

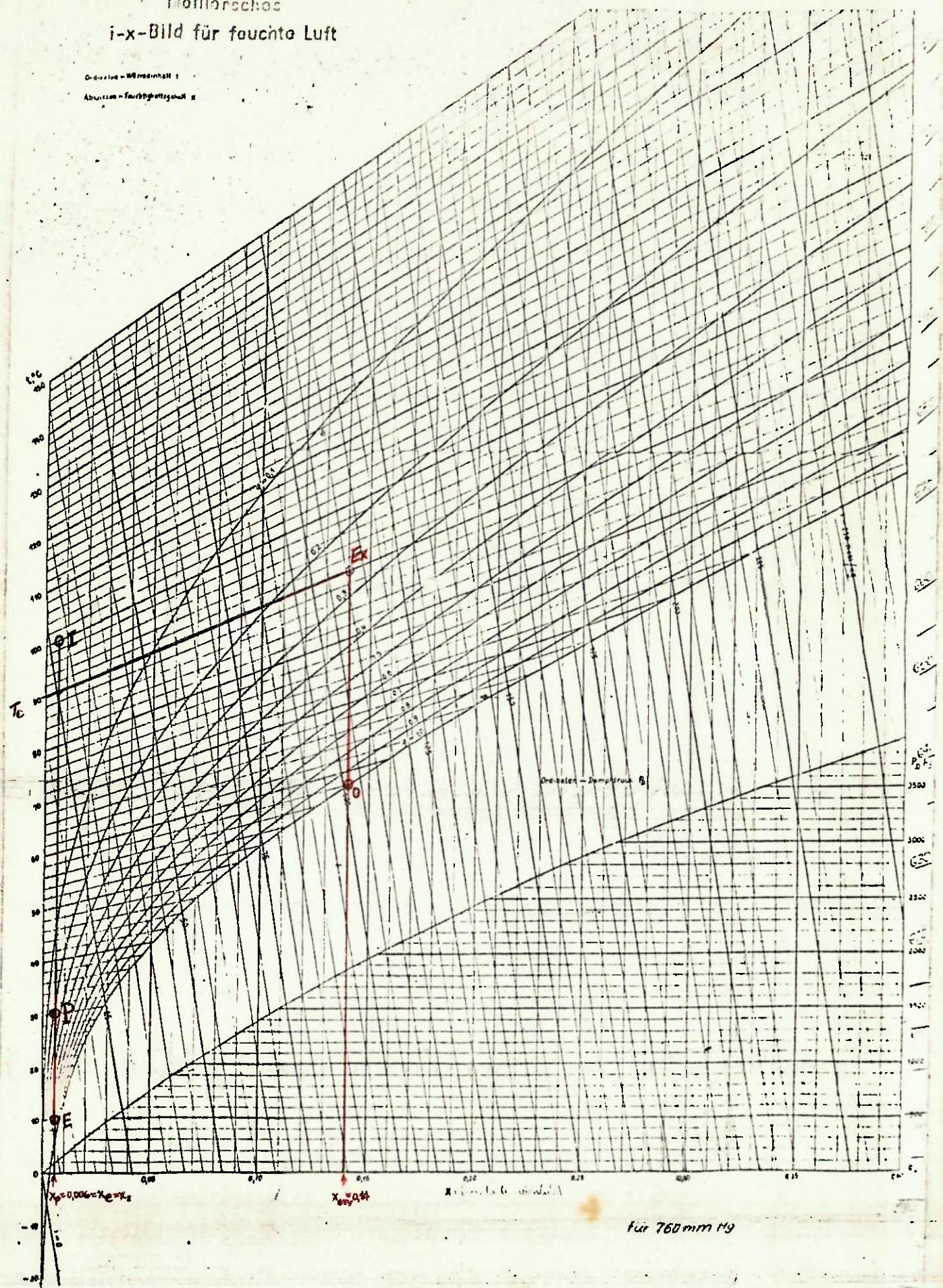
No diagrama de Molliersches poderemos determinar todos os pontos acima e perceber, mais claramente, o que ocorre com o ar.

A massa de vapor necessária no aquecedor de ar da coifa é calculada da seguinte maneira:

Do diagrama de Molliersches, página seguinte, tiramos:

- $X_e = X_p = X_i = 0,006 \text{ kg vapor/kg ar seco}$
- $X_{ex} = X_c = X_o = 0,14 \text{ kg vapor/kg ar seco}$
- $h_i = 27,6 \text{ kcal/kg} = \text{entalpia do ar insuflado}$
- $h_p = 11,0 \text{ kcal/kg} = \text{entalpia do ar do prédio}$

Molliersches
i-x-Bild für feuchte Luft



A massa de água evaporada na coifa, já calculada anteriormente, é $m_{ev} = 27570 \text{ kg/h}$

- cálculo da massa de ar seco ($X=0$) necessária na coifa

$$m''_{ar} = \frac{m_{ev}}{X_c - X_i} = \frac{27570}{0,14 - 0,006} = 205746 \text{ kg ar/h}$$

- cálculo da massa de ar real ($X=0,006$) necessária

$$m'_{ar} = m''_{ar} \cdot (1 + X_p) = 205746 \times (1,006) = 206979 \text{ kg/h}$$

- cálculo da massa considerando os 15% de ar falso

$$m_{ar} = m'_{ar} \cdot (1 - 0,15) = 206979 \times 0,85 = 175933 \text{ kg/h}$$

- cálculo da energia necessária para aquece-lo de T_p até T_i

$$Q = m_{ar} \cdot (h_i - h_p) = 175933 \times (27,6 - 11)$$

$$Q = 2920480 \text{ kcal/h}$$

A energia determinada acima é também a energia que deverá ser cedida pelo vapor, portanto a massa de vapor necessária no aquecedor, mv_a , será:

$$mv_a = \frac{Q}{h_{lv} \cdot 0,85} \quad \text{onde}$$

h_{lv} = entalpia de vaporização à pressão do vapor na linha de alimentação (4,0 bar)

$$m_{a} = \frac{2920480}{509,8 \times 0,85} = 6740 \text{ kg/h}$$

Considerarei três aquecedores, cada um com um consumo de vapor de 2247 kg/h.

O ar retirado da coifa possui grande quantidade de energia e não deve, de maneira nenhuma, ser jogado fora. Ele poderia, por exemplo, ser utilizado em um pré-aquecedor do próprio ar da coifa, o que baixaria bastante o consumo de vapor e consequentemente o tamanho dos aquecedores. Isto não foi feito neste trabalho apenas para simplificar os cálculos.

12 - Especificação das diferenças de pressão entre a entrada e a saída dos secadores

Essas diferenças são responsáveis pela retirada do condensado. Normalmente utilizamos, para sifões estacionários, de 0,2 a 0,5 bar e para sifões rotativos de 0,4 a 0,7 bar.

Adotarei, para todos os cilindros, 0,5 bar

13 - Cálculo das massas que saem dos separadores de condensado (vapor de flash)

Do separador A_1 saem o vapor e o condensado proveniente do terceiro grupo. A massa de condensado corresponde ao consumo de vapor $^{\text{do}} \text{ grupo}$ menos o flash que o mesmo sofreu ao passar de $P_1 = 3,7$ bar a $P_2 = 3,2$ bar e o vapor corresponde ao vapor de passagem desse grupo mais esse flash.

Ao passarem de P_1 a P_2 , tanto o vapor quanto o condensado, liberarão energia que provocará a vaporização do condensado. Esse cálculo é o seguinte:

- flash devido a energia liberada pelo condensado (mvf_c)

$$mvf_c = \frac{mc \cdot (h_{l,P_1} - h_{l,P_2})}{h_{lv,P_2}}$$

mc = massa de condensado do grupo

h_{l,P_1} = entalpia do líquido (condensado) à P_1

h_{l,P_2} = entalpia do líquido à P_2

h_{lv,P_2} = entalpia de vaporização à P_2

$$mvf_c = \frac{22567 \times (140,8 - 135,6)}{515,3} = 228 \text{ kg/h}$$

- flash devido a energia liberada pelo vapor (mvf_v)

$$mvf_v = \frac{mvp \cdot (h_{v,P_1} - h_{v,P_2})}{h_{lv,P_2}}$$

mvp = massa de vapor de passagem do grupo

h_{v,P_1} = entalpia do vapor à P_1

h_{v,P_2} = entalpia do vapor à P_2

$$mvf_v = \frac{6401 \times (652,5 - 650,9)}{515,3} = 20 \text{ kg/h}$$

- massa total de vapor que sai de A_1

$$m_{vs} = 6401 + 228 + 20 = 6649 \text{ kg/h}$$

- massa total de condensado que sai de A_1

$$m_{cs} = 22567 - 228 - 20 = 22319 \text{ kg/h}$$

No separador A_2 teremos o vapor e condensado provenientes do segundo grupo e os condensados provenientes dos aquecedores da coifa e do separador A_1

- flash devido a energia liberada pelo vapor e condensado do segundo grupo - $P_1 = 3,0 \text{ bar}$ e $P_2 = 2,5 \text{ bar}$

$$m_{vf_v} = \frac{2484 \times (650,2 - 648,2)}{521,0} = 10 \text{ kg/h}$$

$$m_{vf_c} = \frac{10745 \times (133,4 \times 127,2)}{521,0} = 128 \text{ kg/h}$$

- flash devido a energia liberada pelo condensado dos aquecedores da coifa - $P_1 = 4,0 \text{ bar}$ e $P_2 = 2,5 \text{ bar}$

$$m_{vf_c} = \frac{6740 \times (143,6 - 127,2)}{521,0} = 212 \text{ kg/h}$$

- flash devido a energia liberada pelo condensado do separador A_1 - $P_1 = 3,2 \text{ bar}$ e $P_2 = 2,5 \text{ bar}$

$$mvf_c = \frac{22319 \times (135,6 - 127,2)}{521,0} = 360 \text{ kg/h}$$

- massa total de vapor que sai de A_2

$$mvs_{A_2} = (2484 + 10 + 128) + 212 + 360 = 3194 \text{ kg/h}$$

- massa total de condensado que sairia de A_2

$$mcs'_{A_2} = (10745 - 10 - 128) + (6740 - 212) + (22319 - 360)$$

$$mcs'_{A_2} = 39094 \text{ kg/h}$$

- considerando uma recirculação de 30%, teremos efetivamente saindo de A_2

$$mcs_{A_2} = mcs'_{A_2} \cdot 1,3 = 39094 \times 1,3 = 50822 \text{ kg/h}$$

No separador A_3 teremos o vapor e condensado provenientes do primeiro grupo e o condensado que sai do trocador de calor, embora este último não tenha vapor de flash por já estar à P_2 .

- flash devido a energia liberada pelo vapor e condensado dos cilindros 1, 3 e 5 - $P_1 = 1,2 \text{ bar}$ e $P_2 = 0,5$

$$mvf_v = \frac{156 \times (640,3 - 631,5)}{550,7} = 3 \text{ kg/h}$$

$$mvf_c = \frac{1630 \times (104,3 - 80,8)}{550,7} = 70 \text{ kg/h}$$

- flash devido a energia liberada pelo vapor e condensado dos cilindros 2, 4, 6, e 7 - $P_1 = 2,0 / P_2 = 0,5 \text{ bar}$

$$mvf_v = \frac{346 \times (645,8 - 631,5)}{550,7} = 9 \text{ kg/h}$$

$$mvf_c = \frac{2215 \times (119,9 - 80,8)}{550,7} = 157 \text{ kg/h}$$

- massa total de vapor que sai de A_3

$$mvs_{A_3} = (156 + 3 + 70) + (346 + 9 + 157) = 741 \text{ kg/h}$$

Essa é também a massa de condensado que vem do trocador de calor. Dessa forma temos:

- massa total de condensado que sairia de A_3

$$mcs'_{A_3} = (1630 - 3 - 70) + (2215 - 9 - 157) + 741$$

$$mcs'_{A_3} = 4347 \text{ kg/h}$$

- considerando, aqui também, uma recirculação de 30%, temos efetivamente saindo de A_3

$$mcs_{A_3} = mcs'_{A_3} \cdot 1,3 = 4347 \times 1,3 = 5651 \text{ kg/h}$$

Aqui já podemos verificar que o flash do separador A_2 ($mvs_{A_2} = 3194 \text{ kg/h}$) representa 83% do vapor consumido no primeiro grupo ($mv_{1g} = 3845 \text{ kg/h}$) e que o flash do separador A_1 ($mvs_{A_1} = 6649 \text{ kg/h}$) representa 62% do vapor consumido no segundo grupo ($mv_{2g} = 10745 \text{ kg/h}$)

Estas porcentagens podem ser consideradas como boas, não sendo necessária nenhuma alteração nos valores admitidos e/ou calculados anteriormente.

14 - Cálculo dos separadores de condensado

Para cálculo dos separadores utilizamos fórmulas empíricas que relacionam os volumes de vapor e condensado que estão nos separadores num determinado instante, ou seja,

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{v_d + v_k}{1,1}} \quad (\text{dm}) \quad \text{onde}$$

$$v_d = 0,6034 \cdot mvs_{A_i} \cdot \sqrt[3]{v_v} \quad (\text{dm}^3)$$

$$v_k = \frac{0,13 \cdot mcs_{A_i}}{9,1 \times 10^{-5} \cdot mcs_{A_i} + 2,5} + 150 \quad (\text{dm}^3)$$

- mvs_{A_i} e mcs_{A_i} = massas calculadas no item anterior
- v_v = volume específico do vapor à pressão do separador (m^3/kg)
- d_c = diâmetro do separador (dm)

Calculamos d_c e fazemos um arredondamento para

a centena inteira, acima, mais próxima.

Com d_c calculamos a altura (L)

$$L = \text{até } 1,4 \cdot d_c$$

- cálculo do separador A_1

$$V_d = 0,6034 \times 6649 \times \sqrt[3]{0,5803} = 3346,4 \text{ dm}^3$$

$$V_k = \frac{0,13 \times 22319}{9,1 \times 10^{-5} \times 22319 + 2,5} + 150 = 790 \text{ dm}^3$$

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{3346,4 + 790}{1,1}} = 15,6 \text{ dm} = 1560 \text{ mm}$$

portanto, $d_c = 1600 \text{ mm}$ e $L = 1,4 \times 1600 = 2240 \text{ mm}$

- cálculo do separador A_2

$$V_d = 0,6034 \times 3194 \times \sqrt[3]{0,7315} = 1736,5 \text{ dm}^3$$

$$V_k = \frac{0,13 \times 50822}{9,1 \times 10^{-5} \times 50822 + 2,5} + 150 = 1077,3 \text{ dm}^3$$

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{1736,5 + 1077,3}{1,1}} = 13,68 \text{ dm} = 1368 \text{ mm}$$

portanto, $d_c = 1400 \text{ mm}$ e $L = 1,4 \times 1400 = 1960 \text{ mm}$

- cálculo do separador A_3

$$V_d = 0,6034 \times 741 \times \sqrt[3]{3,301} = 665,7 \text{ dm}^3$$

$$V_k = \frac{0,13 \times 5651}{9,1 \times 10^{-5} \times 5651 + 2,5} + 150 = 393,7 \text{ dm}^3$$

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{665,7 + 393,7}{1,1}} = 9,87 \text{ dm} = 987 \text{ mm}$$

portanto, $d_c = 1000 \text{ mm}$ e $L = 1,4 \times 1000 = 1400 \text{ mm}$

O próximo passo seria a determinação da tubulação (diâmetro) e a especificação de todos os elementos (bombas, válvulas, filtros, etc.), entretanto esse trabalho é bastante conhecido e não será incluído aqui.

No esquema de vapor e condensado, anexo no final do trabalho poderemos ver claramente todas as vazões acima calculadas.

III - CONCLUSÃO

Para concluir este trabalho quero fazer duas observações.

Em primeiro lugar, quero dizer que, na prática, para se calcular as massas de vapor e condensado que saem dos separadores de condensado, não se considera as massas de condensado que sofrem flash ao passarem da pressão P_1 , na entrada dos cilindros, à pressão P_2 , na saída. Aliás, como podemos observar, essa é uma aproximação bem razoável pois essas massas de flash representam bem pouco das massas totais.

Finalmente quero dizer que as pressões e vazões determinadas para os diversos pontos do sistema de vapor e condensado, com toda certeza, não serão exatamente as pressões e vazões ideais para o bom funcionamento da máquina, ficando a cargo dos papeleiros a determinação das mesmas. Entretanto, também posso dizer que, com certeza, essas pressões e vazões calculadas estarão próximas das ideais e elas é que serão utilizadas para o start-up (partida da máquina).

PAPEIS PARA IMPRESSÃOACETINADO DE 1a.

Papel para impressão, fabricado com 100% de pasta química.

Supercalandro, com carga mineral máxima de até 10%.

Usado para impressão com ou sem linhas d'água.

ACETINADO DE 2a.

Papel para impressão, semelhante ao "Acetinado de 1a.", contendo até 50% de aparas e/ou pasta mecânica.

ACETINADO DE 3a.

Papel para impressão, semelhante ao "Acetinado de 1a.", contendo mais de 50% de aparas e/ou pasta mecânica.

B. FINO - A 36

Papel para impressão, semelhante ao "Acetinado de 3a.", apresentado nas cores características usuais e com gramatura de / 40 g/m².

Usado somente para impressão / comercial.

BÍBLIA

Papel para impressão, fabricado com 100% de pasta química / branqueada, com gramatura máxima de 50 g/m², alisado, com carga mineral e de elevada opacidade.

Usado essencialmente para impressão de Bíblias e similares, com ou sem linha d'água.

BUFANT DE 1a.

Papel para impressão, fabricado com 100% de pasta química / branqueada, absorvente, bem encorpado e, com carga mineral / de 10%.

Usado essencialmente para impressão tipográfica de livros, com ou sem linha d'água.

BUFANT DE 2a.

Papel para impressão, semelhante ao "Bufant de 1a.", contendo certa quantidade de pasta / mecânica.

CAPAS

Papel para impressão, colorido na massa, similar ao "Acetinado de 3a.", ou ao "Monolúcido de 3a.".

COUCHÉ

Papel para impressão, que possui o máximo das qualidades necessárias para a reprodução / perfeita de "clichés".

Vide sub-itens para melhor / classificação:

a) Base para Couché

Papel fabricado para ser revestido em sua superfície, com cargas minerais, na máquina de

couché.

b) Couché Fora de Máquina "Off-Machine"

Papel "Base para Couché" (suporte) revestido com cargas minerais aglutinadas com cola, numa ou nas duas faces, na máquina de couché.

c) Couché de Máquina "On Machine"

Papel fabricado e revestido / totalmente na própria máquina / de papel, com qualidade seme- / lhantes ao "Couché Fora de Má- quina".

ILUSTRACÃO

Papel para impressão, diferen- ciando-se do "Acetinado de la." pela maior carga e absorção, fabricado com 100% de pasta qui- mica branqueada, supercalandra- do e com carga mineral máxima / de 11%.

Usado geralmente para impres- são tipográfica de revista e si- milares.

IMPRENSA

Papel para impressão, fabrica- do com 70% ou mais de pasta me- cânica, nas gramaturas de 45 à 55 g/m², sem colagem ou calan- dragem, com linhas d'água.

Usado exclusivamente para im- pressão de jornais e periódicos.

JORNAL

Papel para impressão, similar ao papel "Imprensa", porém sem limitação de gramatura alisado ou monolúcido.

MIMEÓGRAFO

Papel para impressão, seme- / lhante ao "Bufant de la.", ge- ralmente com marca d'água ou / "vergé".

Usado para impressão em mimeó grafo.

MONOLÚCIDO DE la.

Papel para impressão, fabrica- do com 100% de pasta química / branqueada, com lustro (brilho) somente em uma das faces.

Usado para rótulos, cartazes e embalagens.

MONOLÚCIDO DE 2a.

Papel para impressão, seme- / lhante ao "Monolúcido de la.", contendo até 50% de pasta meca- nica e/ou aparas.

MONOLÚCIDO DE 3a.

Papel para impressão, seme- lhante ao "Monolúcido de la.", contendo 50% ou mais de pasta mecanica e/ou aparas.

OFF-SET

Papel para impressão, fabrica- do com 100% de pasta química / branqueada, com colagem de su-

perfície.

Usado essencialmente para impressão em "off-set".

PAPEIS PARA ESCREVER

APERGAMINHADO COM MARCA

Papel para escrever, fabricado com 100% de pasta química / branqueada, com marca, alisado, colado e com boa opacidade.

Usado essencialmente para correspondência.

APERGAMINHADO SEM MARCA

Papel para escrever, sem marca d'água, semelhante ao "Apergaminhado com marca".

Usado para correspondência em geral e cadernos escolares.

CORRESPONDÊNCIA AÉREA

Papel para escrever, fabricado com 100% de pasta química / branqueada, geralmente de fibras têsteis, com gramatura de 35 g/m^2 e 40 g/m^2 , para cartas e envelopes respectivamente, de elevada opacidade, com ou sem marca d'água.

FLOR POST - 2as. VIAS

Papel para escrever, fabricado com 100% de pasta química / branqueada, com gramatura de 30 g/m^2 , geralmente alisado, / branco ou em cores.

Usado essencialmente para as

2as. vias.

REGISTRO

Papel para escrever, fabricado com 100% de pasta química / branqueada, com gramatura ao redor de 100 g/m^2 , bem opaco e com forte colagem.

Usado para livros em branco / de uso comercial.

SUPER BOND

Papel para escrever, semelhante ao "Apergaminhado", colorido em tonalidades claras.

Usado geralmente para escrita e envelopes.

PAPEIS PARA EMBALAGEM

ESTIVA

Papel para embalagem, similar ao "Manilhinha" e às vezes com a mesma composição do "Masculatura", com gramatura de até 70 g/m^2 .

Usado geralmente em açouques.

MACULATURA

Papel para embalagem, fabricado essencialmente com aparas e/ou pastas de resíduos agrícolas, com gramatura acima de 70 g/m^2 e com coloração típica.

Usado na fabricação de tubos cônicoais e tubetes etc.

FÓSFORO

Papel para embalagem, fabricado com pasta química, sulfito / ou sulfato de fibra longa, com gramatura de 40 g/m^2 , monolúcido ou não e de coloração azul característica.

Usado essencialmente para forrar caixas e gavetas de fósforo;

FRUTAS

Papel para embalagem, idêntico ao papel "Seda", fabricado com gramaturas de até 20 g/m^2 , próprio para embalagem de frutas nas condições exigidas pelo Ministério da Agricultura.

H.D.

Papel para embalagem, fabricado essencialmente com aparas, pasta mecânica, ou semi-química e/ou pasta de resíduos agrícolas, nas gramaturas de 55 à 60 g/m^2 , monolúcido e em cores características.

Usado para embrulhos, confites e serpentinas etc.

HAMBURGUÊS

Papel para embalagem, fabricado com aparas, pasta mecânica ou semi-química e/ou pasta de resíduos agrícolas, com eventual inclusão de pasta química, geralmente nas gramaturas de / 50 à 100 g/m^2 , em cores, mono-

lúcido ou alisado.

Usado para embrulhos e embalagens.

HAVANA E LD

Idêntico ao "Hamburguês".

IMPERMEÁVEL

Papel para embalagem, com caixa permeabilidade e substâncias gordurosas.

a) Pergaminho, Glassine ou Cristal

Papel fabricado com 100% de / pasta química especial, trabalhada na refinação ao máximo, para que em conjunto com a supercalandragem obtenha sua característica típica, que é a transparência. Quando tornado opaco com cargas minerais, adquire aspecto leitoso translúcido.

Fabricado geralmente nas gramaturas de 30 e 40 g/m^2 e com impermeabilidade elevada.

Usado essencialmente para embalagens de alimentos.

b) Granado

Papel similar ao "Pergaminho ou Glassine", porém com menor transparência e impermeabilidade que estes, devido à presença de outras pastas não branqueadas.

Fabricado geralmente em cores

c) Fosco "Crease Proof"

Papel de elevadíssima impermeabilidade às gorduras, fabricado com pastas químicas especiais branqueadas ou não, geralmente nas gramaturas de 30 à 80 g/m². Translucido como papel vegetal, sem supercalandra gem e de coloração branca ou ligeiramente amarelada.

Usado essencialmente para embalagens de substâncias gordurosas.

KRAFT

Papel para embalagem, cuja característica principal é a alta resistência mecânica. Vide su-itens, para melhor classificação.

a) Kraft Natural para sacos Multifolhados

Papel fabricado com 100% de pasta química, sulfato, de fibra longa, geralmente nas gramaturas de 80 e 90 g/m².

Altamente resistente ao rasgo, à tração e com boa resistência ao estouro.

Usado essencialmente para sacos e embalagens industriais / de grandes portes.

b) Kraft Branco para Sacos Multifolhados

Similar ao "Kraft Natural para sacos Multifolhados", porém fabricado com pasta química, / sulfato, de fibra longa branqueada.

Usado essencialmente como folha externa, para impressão em cores, de sacos multifolhados.

c) Kraft Natural ou em Cores para Outros Fins

Fabricado com 100% de pasta / química, ao sulfato não-branqueada, geralmente nas gramaturas de 30 à 150 g/m², monolúcido ou alisado, com características de resistência mecânica similar ao "Kraft Natural para Sacos Multifolhados", porém de melhor resistência ao rasgo e maior resistência ao estouro, colado e encartado.

Usado para fabricação de sacos de pequenos portes, e para embalagens em geral.

d) Kraft Branco ou em Cores para outros fins

Similar ao "Kraft Natural", porém fabricado com pasta química branqueada, nas gramaturas de 30 à 150 g/m², monolúcido / ou não.

Usado essencialmente para fabricação de sacos de açúcar e farinha, bolsas de papel e nas

gramaturas mais baixas para embalagem de balas e similares.

e) Krafts Especiais

Papéis com particularidades específicas que os caracterizam para determinados fins.

TIPO KRAFT DE 1a.

Papel para embalagem, semelhante ao "Kraft Natural ou em Cores para Outros fins", porém com menor resistência mecânica que este, fabricado com pelo menos 50% de pasta química, nas gramaturas acima de 40 g/m^2 , monolúcido ou não.

TIPO KRAFT DE 2a.

Papel semelhante ao "Kraft Natural ou em cores para Outros Fins", porém com baixa resistência mecânica, fabricado com pelo menos de 50% de pasta química, nas gramaturas acima de 40 g/m^2 , monolúcido ou não.

MACARRÃO

Papel para embalagem, igual ao "Hamburgues", geralmente na cor azul característica.

Usado para embrulhar macarrão manualmente.

MANILHA

Papel para embalagem, fabricado com aparas, pasta mecânica ou semi-química, nas gramatu-

ras de 40 à 45 g/m^2 , monolúcido em cores características e, quando ao natural, branco acinzentado.

Usado para embrulhos nas lojas e congêneres.

MANILHINHA

Papel para embalagem, similar ao "Manilha", apresentando-se geralmente em sua cor natural e em folhas dobradas.

Usado especialmente nas padarias.

PADARIA

Idêntico ao "Manilhinha".

PARA CAIXA E FORROS

Papel para embalagem, utilizado na confecção do papelão ondulado.

Vide sub-itens, para melhor classificação:

a) MIOL

Papel fabricado com pasta semi-química e/ou aparas, nas gramaturas de 120 g/m^2 à 150 g/m^2 .

Usado para ondular.

b) CAPA DE 1a.

Papel fabricado com pelo menos 70% de pasta química, nas gramaturas acima de 120 g/m^2 , em uma ou várias camadas.

Usado como capas e/ou forro / de papelão ondulado.

c) CAPA DE 2a.

Papel similar ao "Capa de / la.", porém, com menor pre- sença de pasta química.

SEDA

Papel para embalagem, fabrica- do com pasta química, com gra- matura ao redor de 20 g/m^2 bran- co ou em cores vivas.

Usado para embrulhos de obje- tos artísticos, enfeites, guar- danapos etc.

STRONG DE 1a.

Papel para embalagem, fabrica- do com pasta química sulfito / e/ou aparas "Hollerith", nas / gramaturas de $40 \text{ à } 80 \text{ g/m}^2$, ge- ralmente monolúcido, branco ou em cores claras.

Usado essencialmente para fa- bricação de sacos de pequeno / porte e para embrulhos.

STRONG DE 2a.

Papel similar ao "Strong de / la.", fabricado com pelo menos 50% de pasta química sulfito / e/ou aparas "Hollerith".

TECIDO CALANDRADO E MONOLÚCI- DO

Papel para embalagem, fabrica- do com pasta química, pasta me-

cânica e/ou aparas limpas, nas gramaturas de $70 \text{ à } 120 \text{ g/m}^2$, / com boa resistência mecânica e geralmente nas cores creme, be- ge e azul.

Usado essencialmente para em- brulhos de tecidos e na fabri- cação de envelopes.

PAPEIS INDUSTRIALIS E OUTROS

CARBONO

Papel para fim específico, fa- bricado com 100% de pasta quí- mica, geralmente nas gramatu- / ras até 24 g/m^2 , branco ou colo- rido.

CIGARROS

Papel para fim específico, fa- bricado com pasta química bran- queada, de fibra têxteis e/ou madeira, geralmente contendo / carga mineral até 26%, nas gra- maturas de 13 g/m^2 à 25 g/m^2 . Não colado, de alta opacidade, com marca d'água "velin" ou / marca filigrana, com combus- tibilidade controlada, produzida por processos normais de fabri- cação de papel ou pela adição de impregnantes.

Usado em bobinas para confe- ção mecânica de cigarros e em resmas ou mortalhas, quando pa- ra confecção manual.

CREPON

Papel para fins específicos, com crepagem para aumentar sua elasticidade e maciez.

Vide sub-itens, para melhor / classificação:

a) Para Fins Sanitários

Papel fabricado em gramaturas variáveis de acordo com o destino.

Usado geralmente para confecção de toalhas, guardanapos, lenços e similares.

b) Para Adornos e Festas

Papel geralmente fabricado com a composição do papel "Seda" e colorido em tonalidades vivas.

c) Para fins Industriais

Papel geralmente fabricado com 100% de pasta química.

Usado para confecção de fitas adesivas, reforço da costura de saocs multifolhados e outros fins industriais.

DESENHO

Papel para fins específicos, fabricado com 100% de pasta / química branqueada, geralmente nas gramaturas de 100 à 280 / g/m², com acabamento de máquina e fortemente colado na massa, de modo a resistir à ação da borracha.

Heliográfico

Papel para fim específico, fabricado com 100% de pasta química branqueada, com baixo / teor de ferro, nas gramaturas de 40 à 120 g/m², bem colado, alisado, branco, ou levemente colorido.

HIGIÉNICO

Papel para fim específico, / crepado.

Vide sub-itens, para melhor classificação:

a) Popular

Papel fabricado com elevado conteúdo de pasta mecânica e/ou aparas, em folhas única e gramatura ao redor de 35 / g/m².

b) Especial

Papel fabricado com 100% de pasta branqueada, macio, em folha única, nas gramaturas / de 30 à 35 g/m².

c) "Tissue"

Papel fabricado com 100% de pasta branqueada, com elevada maciez, em folhas duplas, nas gramaturas de 16 à 18 / g/m², por folha.

MATABORRÃO

Papel para fins específicos, absorvente e filtrante.

Vide Sub-itens, para melhor

classificação:

a) Absorvente

Papel fabricado com pasta química de preferência "a soda" sem colagem, branco ou em cores e com grande poder de absorção.

b) Filtrante

Papel fabricado com pasta química de linter, nas gramaturas de 80 à 400 g/m², com características definidas quanto ao uso.

CARTÕES E CARTOLINAS

CARTÃO DUPLEX

Cartão geralmente usado para confecção de cartuchos, impressos ou não, fabricado em duas ou mais camadas, nas gramaturas de 200 à 600 g/m².

Composto de:

-Forro - camada superior geralmente fabricada com pasta química branqueada, monolúcido, com ou sem tratamento superficial.

-Suporte - camada(s) inferior(es) fabricada(s) com pasta / química não-branqueada mecânica e/ou aparas.

CARTÃO TRIPLEX

Cartão de finalidade e características semelhantes às do

"duplex", porém com mais uma / camada, geralmente branca, cobrindo o suporte.

CARTÃO BRANCO

Cartão de uma ou várias camadas, com acabamento de acrílico com a finalidade e fabricado / com 100% de pasta química branqueada.

Vide sub-itens, para melhor / classificação:

a) Cartão Branco para Embalagem

Cartão usado geralmente para embalagens impressas, fabricado em uma ou mais camadas na própria máquina de papel, com 100% de pasta química branqueada.

b) Cartolina

Cartão usado para impressos, pasta para arquivos, cartões de visitas e comerciais, fabricado em uma ou mais camadas na máquina de papel ou de colar, com 100% de pasta química branqueada, alisado ou supercalandrado.

CARTÕES CORES

Cartões coloridos, usados / principalmente para confecção de fichas e pastas para arquivos. Fabricados em uma ou mais camadas.

Vide sub-itens, para melhor /

classificação:

a) Com 100% de Pasta Química

Cartão fabricado em uma ou mais camadas na máquina de papel ou de colar, com 100% de pasta química branqueada alisado ou supercalandrado.

b) Outros

Cartão fabricado com pasta química e/ou pasta mecânica ou aparas, alisado ou supercalandrado, em uma ou mais camadas na máquina de papel ou de colar.

c) Papelão

Cartões de elevada gramatura, usado na encadernação de livros, suportes para comprovantes contábeis, caixas e cartazes para serem recobertos.

Fabricado essencialmente de pasta mecânica e/ou aparas, geralmente em várias camadas da mesma massa. Sua cor, em geral, é consequência dos materiais empregados na fabricação

Comercializado em formatos e identificados por números que indicam sua gramatura.

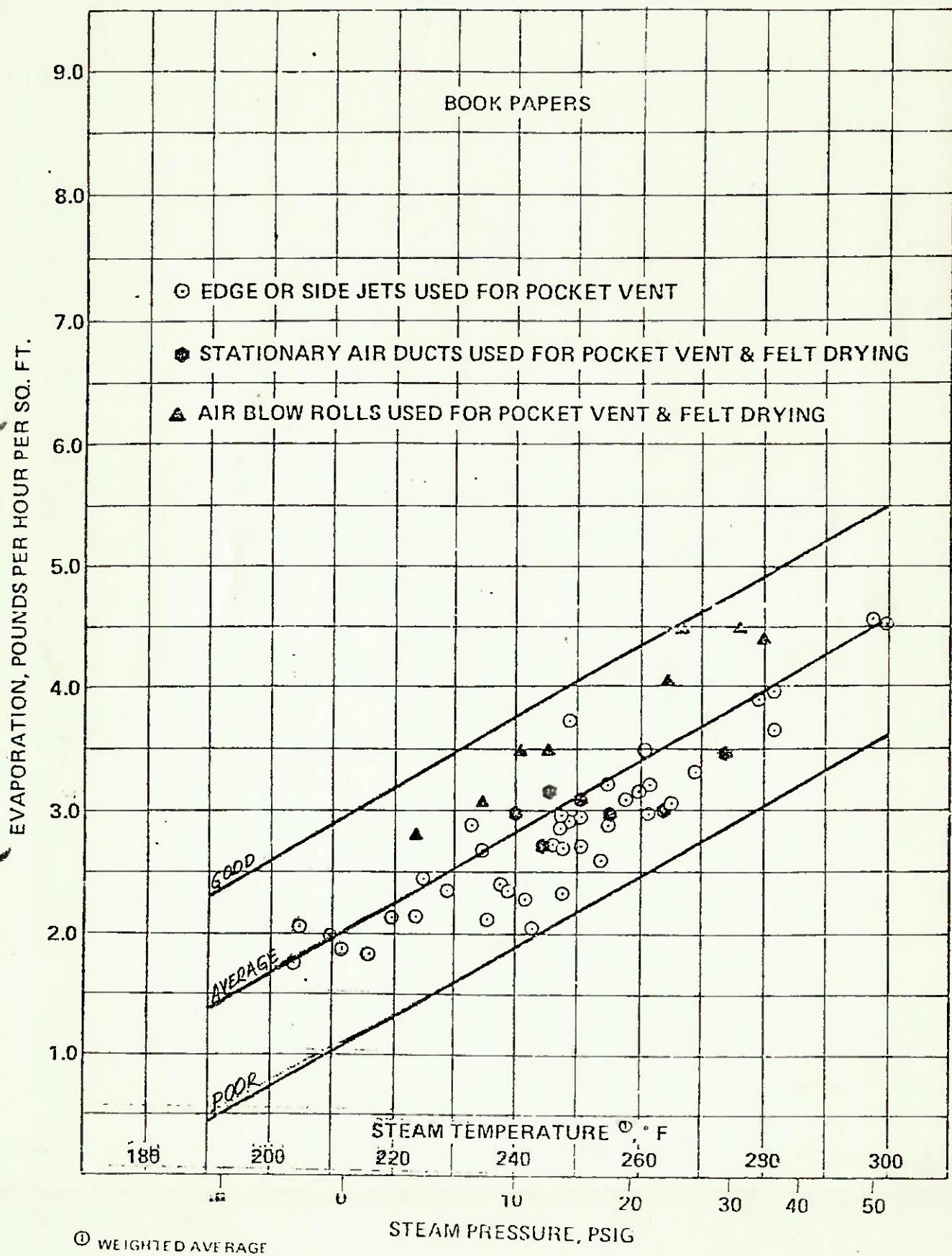


TIS 014-39

ISSUED MARCH 1974

77.

Paper Machine Drying Rate



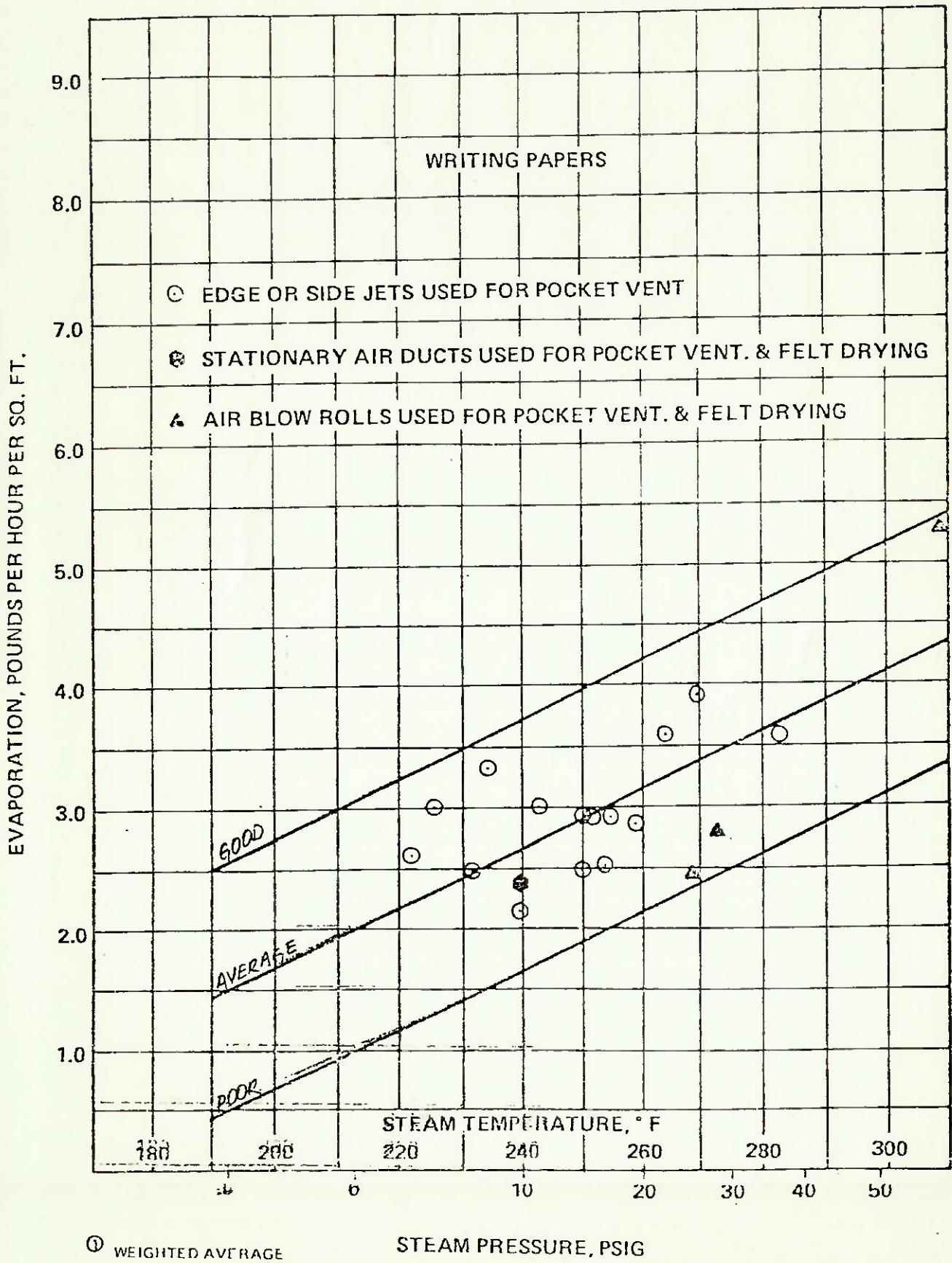


TAPPI

ISSUED MARCH 1974

78.

Paper Machine Drying Rate



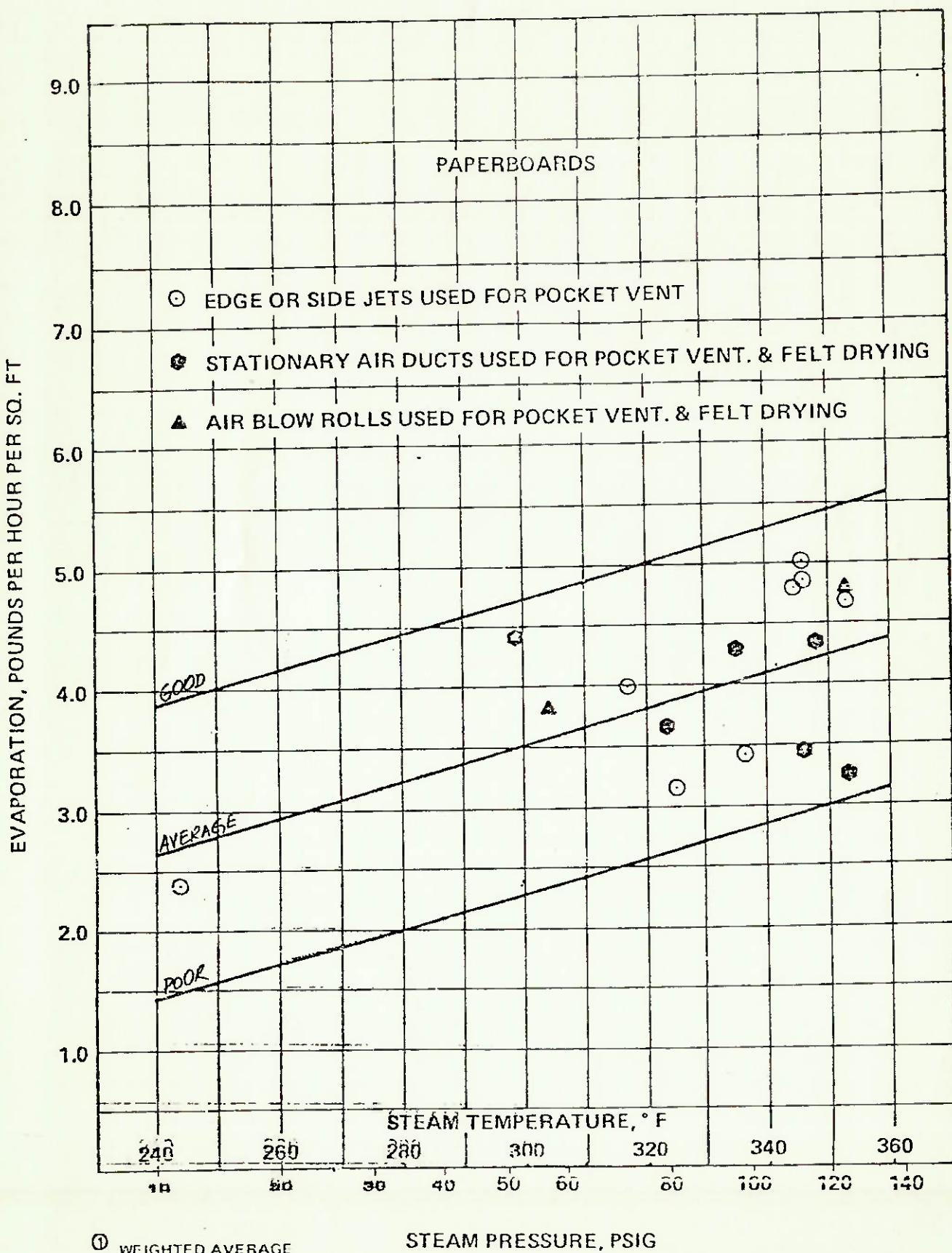


TIS 014-41

ISSUED MARCH 1974

79.

Paper Machine Drying Rate



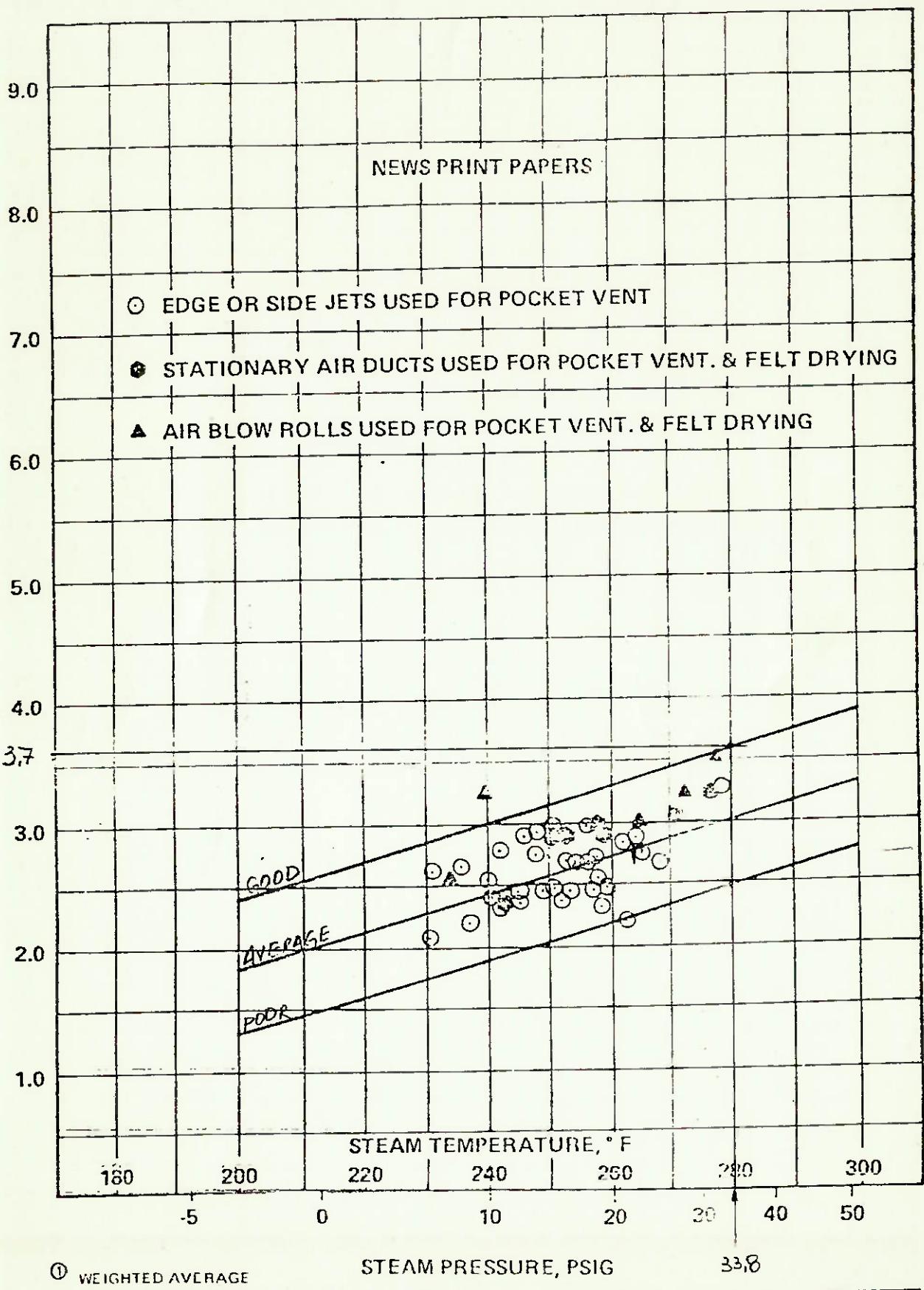


TIS 014-42

ISSUED MARCH 1970 80.

Paper Machine Drying Rate

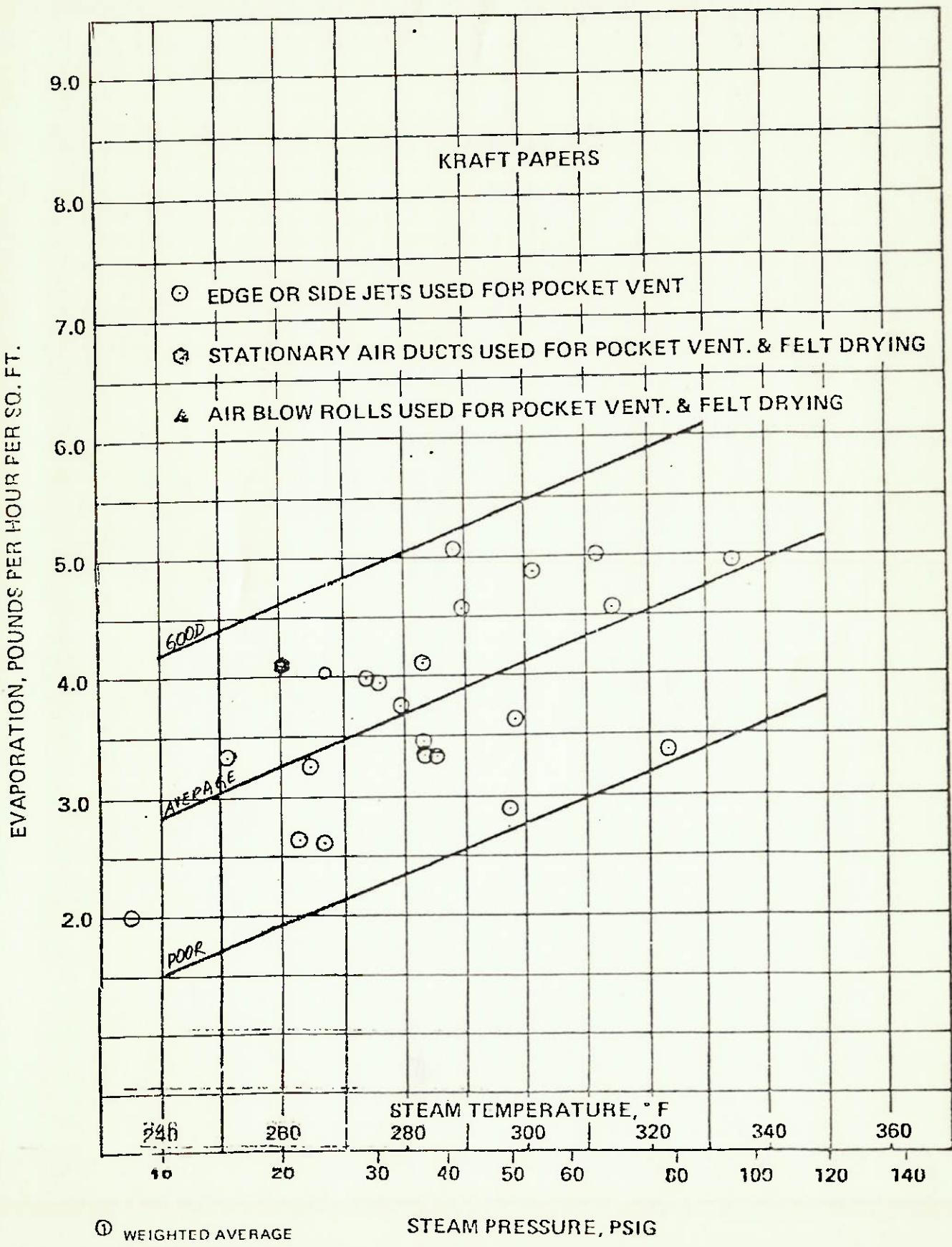
EVAPORATION, POUNDS PER HOUR PER SQ. FT.





TIS 014-43
ISSUED MARCH 1974
81.

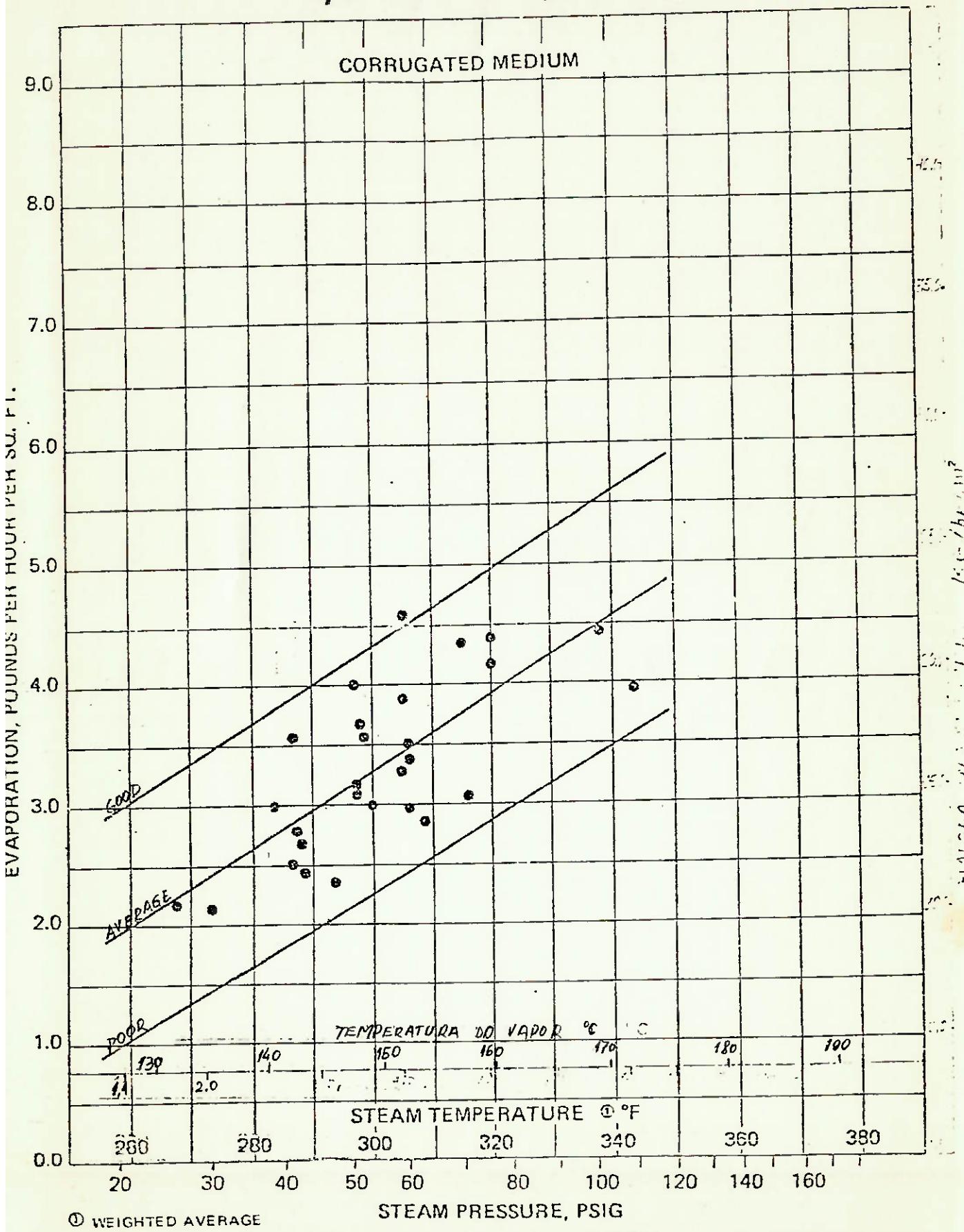
Paper Machine Drying Rate





Paper Machine Drying Rate

82
X
0.61





Paper Machine Drying Rate

