

ECONOMIA DE ÁGUA E ENERGIA EM FÁBRICAS DE PAPEL E CELULOSE

Autor: Jayme Nery

RESUMO

Neste trabalho o autor procura mostrar o desenvolvimento no tempo, da idéia sobre o valor da água e da energia e a percepção paulatina de que esses bens não são infinitos e que estão em muitos pontos interligados.

É responsabilidade do engenheiro de processo da fábrica, a tarefa de reduzir o consumo de água e energia, e este trabalho foi escrito tendo em vista ajudar o engenheiro de processo nessa tarefa.

Tradicionalmente as fábricas de celulose e papel foram instaladas ao lado de fontes de água como os rios, que fornecem a água para o processo e, em alguns casos, parte da energia elétrica para a fábrica.

O autor indica os passos a seguir para o estabelecimento de um programa de economia de água e de energia, com retorno do investimento, e não como um custo adicional como muitas vezes se olha o investimento na economia desses bens. Logicamente em um trabalho da extensão deste não é possível detalhar todo o caminho a percorrer e o detalhamento das fases. Entretanto espera-se que os leitores tenham um ponto de início para ajudar no seu trabalho. É intenção do autor detalhar mais as fases em futuros trabalhos, caso haja oportunidade.

INTRODUÇÃO

Vamos abrir nosso trabalho com um pouco de nostalgia- parecido com o programa de rádio de antigamente (isto é o que chama nostalgia !), chamado de Hora da Saudade.

Nos idos de 1957, quando começamos a trabalhar nas IKPC (então Indústrias Klabin do Paraná de Celulose), na então Cidade Nova, hoje Telêmaco Borba, o problema ambiental era muito diferente de hoje.

Nesse tempo o consumo de água nas máquinas de papel e na fábrica de celulose era praticamente livre, o consumo de água estava na casa de 250 m³ por tonelada de papel e havia pouquíssimo reaproveitamento de águas no processo.

A água do rio Tibagi era praticamente limpa a montante e exigia pouco tratamento para ser utilizada na fábrica. Claramente a situação não era a mesma a jusante. Com o tempo eu comecei a ver que se podia instalar uma fábrica de papel com o efluente das IKPC !

Com o passar dos anos essa situação se modificou e hoje é completamente diferente a figura da indústria de celulose e papel. Foram montadas grandes instalações para a recuperação e reutilização das águas e existem hoje no mundo muitas fábricas com ciclos completamente fechados.

A água passou da visão de ser um bem inesgotável para um que começa a escassear no mundo, sendo que mais de um bilhão de pessoas hoje sofre com a escassez de água. Nosso país é dono

de 11,6% da água doce existente em nosso planeta, o desabastecimento atinge mais de 1 milhão de pessoas somente na região do semi-árido, e a água poluída mata anualmente milhares de pessoas e tem um alto custo para a nação em gastos hospitalares.

No dia 22 de março deste ano, Dia da Água, foi tratada a decisão de cobrar o consumo de água em todas as bacias hidrográficas do país. A resolução aprovada pelo CNRH previa o início da cobrança durante o mês de março. A única experiência desse tipo no Brasil está em curso na bacia do Paraíba do Sul.

Temos um ponto a mais hoje no cenário da economia de processo: a economia de energia elétrica. Acreditamos que esse ponto veio para ficar. Mesmo que no futuro se aumente a oferta de energia elétrica, o cenário de economia deve permanecer, tanto para as indústrias como para nós consumidores domésticos de energia e de água. Como a geração de energia elétrica por meio do aproveitamento das quedas de água, ou seja por meio de usinas hidroelétricas está ficando cada vez mais difícil, além do alto investimento e da longa maturação desse tipo de projeto, estamos nos voltando hoje para a geração por meio de fontes poluentes, como as usinas termelétricas, as usinas atômicas e as usinas por meio da queima de sub produtos, como a cana de açúcar, da palha de arroz, etc, com seus componentes de exaustão não muito amigáveis para o meio ambiente.

Por essa razão devemos estar cada vez mais conscientes da necessidade de um esforço nacional e pessoal, de economia de água e energia.

Quando falamos da economia de água em uma indústria, parece que falar na economia de eletricidade ao mesmo tempo não tem conexão.

Neste trabalho pretendemos mostrar que em muitos pontos os dois caminham juntos, como veremos no capítulo 6.

PROGRAMA DE ECONOMIA DE ÁGUA

Vamos desenvolver este trabalho com o seguinte roteiro:

1. Requerimentos de qualidade da água.
2. Plano de conservação de água.
3. Operações unitárias para o tratamento e a recuperação de águas.
4. Redução no consumo de água nas plantas de celulose e papel.
5. Redução do consumo de água nas fábricas de papelão e cartão.
6. Redução do consumo de energia elétrica resultante.

1. REQUERIMENTOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Como dissemos acima, nos primórdios da indústria não havia muita dificuldade em encontrar um sítio onde se pudesse instalar uma fábrica que tivesse disponibilidade da quantidade e qualidade

de água necessária ao empreendimento, apesar de ser a indústria papelreira uma grande consumidora de água e de energia.

Entretanto devido ao aumento de consumo e da diversificação de produtos oferecidos pela indústria papelreira, aumentou sobremaneira o número de indústrias e, com isso, o uso de água e energia, com sua influência negativa nos recursos hídricos. Entretanto com o passar do tempo, muitos rios e lagos, onde a água era despejada, começaram a apresentar problemas e, com o esgotamento das fontes naturais de água, começaram os esforços para restringir a contaminação das águas receptoras, com leis protetoras da saúde da população que usa essas águas para uso doméstico ou residencial. Sem dúvida a tendência é de haver fontes de água com cada vez menos pureza e padrões de uso cada vez mais restritivos. A população do mundo dobrou para 6 bilhões em um curto prazo de tempo e, espera-se que dobrará novamente nos próximos 30 anos e provavelmente dobrará de novo ao redor do meado deste século.

1.1 Parâmetros da qualidade da água

Do que vimos acima podemos dizer que a tendência é de termos uma menor pureza das fontes naturais de água enquanto os padrões de utilização são cada vez mais rigorosos, assim teremos uma tendência cada vez maior de proteção de mananciais e mais restrições na qualidade e quantidade dos efluentes, tanto industriais como domésticos.

É interessante notar que existem situações hoje em dia quando a água recebida por uma fábrica é pior que a água sendo descarregada pelos seus efluentes. Daí surge uma pergunta: não é mais fácil tratar a água usada do que a água bruta que é recebida, ainda mais que a água usada pela indústria não causa nenhuma surpresa por ser de qualidade conhecida pelos seus operadores?

Por isso achamos ser interessante conhecer algo sobre os parâmetros de qualidade da água, ainda que superficialmente.

Os parâmetros críticos devem ser identificados por padrões desenvolvidos conforme o uso em vista. Algumas partes da fábrica necessitam água de melhor qualidade que outras. Por exemplo, o pátio de madeira pode receber uma água de qualidade inferior à do branqueamento, a água de alimentação das caldeiras deve ter uma qualidade especial e a água potável deve ter requisitos também especiais.

Não cabe neste trabalho dar um detalhamento das qualidades da água nos diversos departamentos de uma fábrica de celulose e papel, mas podemos dizer que existem algumas fontes que podem nos ajudar, tais como as publicações da TAPPI e dos Guias Canadenses de Qualidade da Água. Devemos dizer que esses são somente guias e não padrões para água de processo.

Quanto à reutilização da água, para evitar problemas quando reciclar águas servidas torna-se importante prever as dificuldades que possam advir para cada aplicação e para o sistema como um todo. Os problemas a serem considerados envolvem tanto os produtos químicos como também as fibras, sendo que estes materiais devem ser monitorados, pois quanto maior o grau de fechamento de um sistema, tanto maior o acúmulo de contaminantes químicos e fibrosos. Estes materiais devem ser purgados do sistema.

Podemos citar os seguintes problemas potenciais, relacionados com o sistema:

Materiais fibrosos: aumento de partículas finas, provenientes dos materiais fibrosos e de materiais não pertencentes ao processo.

Estes materiais podem produzir:

◆ Problemas de redução da drenagem	◆ Aumento da sujeira
◆ Aumento do entupimento dos feltros	◆ Aumento do entupimento das telas formadoras
◆ Aumento do entupimento das telas secadoras	◆ Redução da vida das telas e feltros
◆ Aumento do desgaste dos equipamentos	◆ Entupimento dos chuveiros
◆ Aumento do consumo de produtos químicos	◆ Aumento do depósito nas tubulações

Sólidos dissolvidos: são resíduos do processo, elementos fora do processo e micro organismos.

Estes elementos podem provocar:

◆ Aumento da corrosão	◆ Podem causar odores desagradáveis
◆ Aumento de resinas	◆ Aumento dos depósitos no sistema
◆ Aumento da espuma	◆ Possíveis problemas de colagem
◆ Problemas de precipitação	◆ Problemas de criação de bactérias

Temperatura: o fechamento de circuito pode provocar um aumento de temperatura do sistema, que pode provocar os seguintes desenvolvimentos:

◆ Diminuição da capacidade de vácuo	◆ Problemas na colagem do papel
◆ Necessitar resfriamento dos efluentes da fábrica, para obedecer aos regulamentos locais	

Vistos os problemas eventuais que podem ser provocados pelo fechamento do sistema, vamos dar uma rápida olhada para a qualidade dos diversos tipos de água da fábrica.

Água Potável

A água potável pode ser obtida de poços artesianos, da rede local ou de água potável tratada, do sistema de água tratada da planta. Devem ser pesquisadas as especificações locais sobre as qualidades exigidas para a água potável, e a água recebida deve ser então adequada a estas especificações. A tubulação de água potável deve ser dedicada, isto é, deve haver uma rede de água potável separada das redes da planta. Com a dificuldade maior de se obter água potável de qualidade aceitável, está se tornando habitual o uso de água engarrafada.

Água de Processo

Devem ser tomadas amostras do manancial de água bruta, preferivelmente por algum tempo, em diversas épocas do ano, para se ter uma idéia da variação sazonal da qualidade. Deve ser feita uma completa análise química e física da água e deve ser então projetado um sistema de tratamento de água, de acordo com as necessidades do produto a ser fabricado.

Não existem especificações para a qualidade da água de processo, entretanto existem consultores especializados que podem aconselhar no tratamento a ser seguido. O TAPPI publicou em 1957 uma monografia onde indicou certas características para a água de processo

Infelizmente parece-nos que esta monografia não voltou a ser editada. Também no Canadá foi publicada uma monografia dedicada a diretrizes da qualidade da água, onde aparecem dados tabulados sobre a qualidade requerida para os diversos produtos.

Água de alimentação de caldeiras

A água de alimentação das caldeiras de recuperação e auxiliares, utilizadas na indústria de papel segue, a maior parte das vezes, uma especificação muito rígida. Isto se deve a que essas caldeiras são muito sofisticadas e de alta pressão, o que requer qualidades de águas muito controladas. Normalmente os fabricantes das caldeiras fornecem as especificações da água, que devem ser obedecidas pelo projetista do tratamento de água das caldeiras. Deve-se também observar que o condensado recuperado do processo retorna para a caldeira e deve também sofrer um tratamento prévio, para se adequar às necessidades da qualidade para a caldeira.

Água de selagem

A água de selagem de bombas e equipamentos deve ter sua qualidade monitorada devido à possibilidade de corrosão, depósitos, areia ou partículas abrasivas e sua temperatura, que podem afetar o funcionamento dos equipamentos.

O consumo de água de selagem de gaxetas é bastante alto e deve ser um ponto considerado quando do fechamento dos circuitos e reutilização de água. Pode ser feita a remoção dos sólidos suspensos por filtração, sendo um ponto de partida a reutilização de água com um teor máximo de sólidos suspensos de 20 mg/l, sendo que o pH deve ser corrigido se necessário, de acordo com os materiais das bombas ou equipamentos. Para os selos mecânicos, o fabricante deve ser consultado para a qualidade da água necessária.

Nas bombas de vácuo, o fabricante deve também ser consultado, quando se empregar água clarificada para a selagem. Também pode ser utilizada recirculação da água após um passo de resfriamento. Em todos os caso deve ser considerado o fechamento do circuito das bombas de vácuo, tomando em consideração outros departamentos da fábrica, podendo se efetuar um processo de cascadeamento. Veremos um pouco mais sobre este assunto no capítulo 5.

Água de refrigeração

Em um circuito de refrigeração a água pode ser considerada tanto um agente de refrigeração quando um agente a ser refrigerado. Quanto à qualidade existem algumas preocupações que podem ser assim listadas:

◆ Corrosão	◆ Temperatura
◆ Limos	◆ Depósitos ou incrustações

Vamos ver agora as duas operações: como agente refrigerador e depois como agente a ser refrigerado

Como agente refrigerador a água é normalmente passada através de um trocador de calor ou torre de refrigeração, e depois retornada ao processo ou algumas vezes descartada.

A condições de temperatura no trocador de calor podem induzir a corrosão e ainda mais se a água de refrigeração tiver traços corrosivos. A água de refrigeração deve estar livre de limos, pois também algumas espécies de limo induzem corrosão. No caso do uso de cloro para fins de esterilizar a água, conforme a qualidade dos materiais do trocador, alguma corrosão pode

acontecer. Pode haver depósitos ou incrustação se houver sólidos suspensos na água refrigerante. Estes depósitos induzem uma queda do coeficiente de troca de calor com perda de desempenho do trocador.

Do que foi dito se compreende que o pH da água deve ser tão próximo do neutro quanto possível e deve também estar livre de sólidos suspensos ou microorganismos.

Por exemplo, em uma torre de refrigeração a água é um agente a ser resfriado. Neste caso devemos tomar alguns cuidados. A refrigeração em uma torre de refrigeração é conseguida pela troca do calor sensível e calor latente com uma corrente de ar relativamente frio e seco. Conforme a água é evaporada a concentração de sólidos dissolvidos aumenta, podendo chegar a atingir um ponto onde podem ocorrer depósitos nas torres. Outro problema que pode surgir é o crescimento de algas e depósitos de limo, sendo que provavelmente alguma forma de controle desse depósito seja necessária.

Água de Chuveiros

Sem dúvida o uso de água nos chuveiros é um dos mais importantes em uma máquina de papel, principalmente quando se faz a reutilização das águas de processo.

Algumas das preocupações quanto ao uso da água recuperada nos chuveiros são: sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, materiais abrasivos e a compatibilidade da água recuperada no ponto do processo para sua utilização.

Sem dúvida a água fresca é um agente de limpeza melhor que a água recuperada, porém além de seu custo elevado temos de considerar as restrições ambientais. Atualmente a reciclagem das águas é uma operação estável e eficiente, mas em alguns casos os operadores procuram evitar seu uso.

A seleção da água reciclada e do tipo de chuveiro deve ser feita com cuidado, para ter êxito, por exemplo, um chuveiro deve ser do tipo adequado para evitar entupimento.

Vamos examinar rapidamente alguns casos: limpeza de rolos, feltros e telas.

Na limpeza dos rolos deve ser evitada uma água que contenha alto conteúdo de sólidos suspensos, por exemplo, acima de 50 mg/l. Os materiais estranhos principalmente a areia, podem causar desgaste, por isso a água deve ser, de preferência filtrada.

Para a limpeza de feltros, como é uma operação crítica, usa-se normalmente água limpa. Porém o uso de água limpa nesse ponto aumenta o consumo de água no sistema e deve ser evitada, sempre que possível. A água reciclada a ser usada neste ponto deve estar livre de fibras e ter um baixo conteúdo de sólidos suspensos e dissolvidos. Os feltros lavados com água imprópria, principalmente contendo fibras, estão sujeitos a entupimento, pois as fibras podem conter materiais resinosos que resultam em baixa drenagem dos feltros.

Para a limpeza das telas, deve-se aplicar a água mais livre de fibras e de materiais suspensos. Como as telas são muito caras, deve-se tomar o máximo cuidado com a água de limpeza das telas, por isso a filtração é muito indicada.

2. PLANO DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

Neste capítulo temos a intenção de discutir a implementação de um programa de conservação da água. Que é um programa de conservação de água? É um programa que será desenvolvido para verificar as condições de uso da água em uma fábrica e desenvolver as ferramentas para que possam ser tomadas medidas de contenção do uso desse bem.

De que consiste tal programa? Consiste em desenvolver uma documentação como desenhos e fluxogramas que mostrem a configuração atual do sistema de todas as águas que se utilizam na fábrica. Nesse levantamento devem ser medidos ou estimados da maneira mais precisa os consumos e dados tais como fluxos, tipo de água, temperatura, pressões, dados de custo, etc. Todo o processo deve ser analisado: água de processo tais como água branca, água rica em fibras, água pobre em fibras, água recuperada, etc., água de selagem água de aquecimento e resfriamento, enfim todo e qualquer tipo de água usado na fábrica.

Muitas podem ser as razões para a implantação de um sistema de redução do consumo de água. Por exemplo: com um aumento de produção pode existir uma limitação da instalação de tratamento de água, procurar uma redução de custo do tratamento de efluentes, redução dos custos operacionais, etc.

Seja qual for a razão de sua implementação, um plano de redução de consumo de água exige uma compreensão completa do sistema existente. Este conhecimento em uma fábrica existente, seja ela grande ou pequena, exige o estudo e o desenvolvimento de uma documentação como dissemos acima e deveremos ter então a seguinte documentação:

1. Fluxogramas do uso de água em toda a fábrica em seus mais diversos usos e processos;
2. Dados de processo e de operação: temperaturas, quantidades, qualidades, etc.
3. Balanço completo de calor e massa.

Devemos avaliar que todos esses dados são extremamente importantes e permitem uma radiografia completa do sistema de águas de uma fábrica. O balanço, item 3, é importante por que um balanço atual e preciso da situação corrente é a base essencial para se avaliar as possibilidades de reutilização ou de redução do consumo. Muitas vezes devem-se também prever as diferenças de consumo entre o inverno e o verão, principalmente nas regiões onde a diferença sazonal de uso é muito grande.

Quando se prepara o fluxograma da instalação, deve-se colocar todas as linhas, e equipamentos, tais como máquinas, compressores, torres de refrigeração, bombas de vácuo, etc., e bombas hidráulicas que fazem parte do processo. Para o balanço deve-se tomar em consideração os números de produção correntes ou futuros, para se avaliar os fluxos em cada linha e bomba. O balanço deve ser feito para a fábrica como um todo, pois o uso em uma das áreas pode ter influência nas outras áreas da fábrica.

É interessante o uso de uma planilha de cálculo com a qual se possa simular outros cenários, antes de implementar o plano de redução. Nós utilizamos a planilha Excel, que permite simulações, inclusive do sistema de depuração centrífuga.

O que é um fluxograma de processo balanceado? Muitos operadores e até gerentes de fábrica não sabem o que é isso!

Fluxograma balanceado é um fluxograma do processo que mostra todos as necessidades em cada ponto do processo tais como todos os pontos de utilização de água ou produtos químicos,

água de gaxetas nas bombas, água de refrigeração nos acionamentos, água de diluição na preparação de produtos químicos, etc. Nesses pontos são indicadas as condições de processo: pressão, temperatura, quantidade de fluxo, etc. A partir desses dados o engenheiro de processo calcula as vazões do sistema e estima as condições das bombas e tubulações.

Uma vez feitos os cálculos de balanço para todas as vazões no processo, devem-se avaliar ou medir as perdas de carga nos diversos pontos para se poder trabalhar sobre as especificações dos equipamentos. Para as bombas é necessário ter suas curvas, fornecidas pelos fabricantes, e os dados de seus motores. Falaremos um pouco mais sobre isto no capítulo 6.

De posse de todos esses dados, pode-se então comparar os dados e verificar, por exemplo, para uma bomba, se ela está trabalhando em seu melhor ponto na curva, que é o ponto de melhor eficiência. Pode-se traçar sobre a curva da bomba uma curva do processo, o que permite ver como a bomba trabalha com as diversas produções. Como se vê, este trabalho é bem complexo e deve ser feito com cuidado.

Assim se pode avaliar qual o ponto de trabalho de melhor eficiência, o que permite economizar energia e maximizar a utilização da energia disponível.

Com esses dados em mãos é possível então se estudar a minimização o consumo de água e até mesmo os custos de processo.

3. OPERAÇÕES UNITÁRIAS PARA O TRATAMENTO E A RECUPERAÇÃO DE ÁGUAS

Não temos espaço neste trabalho para tratar deste assunto em profundidade. Por isso este capítulo é mais uma itemização das possibilidades do que uma discussão das unidades de processo.

O tratamento de água fresca de alimentação do processo não está dentro do escopo deste trabalho

Inicialmente podemos enunciar dois princípios para a recirculação das águas de processo. Por recirculação entendemos a reciclagem normal das águas de processo dentro de um departamento para diminuir o consumo de água fresca e o reaproveitamento das águas sobrantes em outros departamentos da fábrica.

O primeiro princípio da recirculação diz que o reaproveitamento das águas de processo deve ser levado a efeito tão próximo da fonte quanto possível. Isto por duas razões básicas: diminuir as perdas e custos de transporte da água de um ponto para outro.

O segundo princípio diz que deve ser usada antes a água de pior qualidade disponível que tenha a qualidade adequada para a aplicação.

Devemos ficar atentos de que a reciclagem das águas também pode causar alguns problemas no processo: o acúmulo de finos pode afetar a drenagem na máquina de papel, o acúmulo de sólidos dissolvidos pode causar corrosão na tubulação e no equipamento, pode contribuir para a aumento de incrustações, o aumento de temperatura pode causar o crescimento de limo, e pode ser afetada a qualidade dos papéis produzidos. Estes problemas podem ser solucionados com estudo dos casos.

Os tipos de tratamento a serem aplicados dependem das qualidades das águas residuais.

Devemos ter um tratamento primário que consiste basicamente na eliminação dos sólidos suspensos, o tratamento secundário é normalmente um tratamento biológico, que pode ser também um tratamento bioquímico.

Algumas vezes é necessário um tratamento terciário para eliminar contaminantes que não são aceitos pelos regulamentos locais. Estes tratamentos podem ser dirigidos para a eliminação de cor ou ajustes do conteúdo de fosfatos ou de oxigênio.

A base do tratamento primário é a sedimentação e separação das partículas por meio de transportadores de arraste ou de clarificadores com raspadores de lama no fundo e eliminadores de espuma na superfície. O processo pode ser encorajado por meio de coagulantes e floculantes, mas isto pode aumentar o custo de operação. Por isso deve ser feito um estudo metuculoso antes da sua aplicação.

Nas pequenas instalações e onde se tem espaço de terreno suficiente, podem ser instalados equipamentos de flutuação ou flotação como também são conhecidos. Este processo é basicamente a aplicação de ar em borbulhas que se adere às fibras e partículas e com isso as torna mais leves fazendo com que elas flutuem na água sendo tratada. Dessa forma se recupera as fibras e a água para processo. Essa água pode ser usada tal qual ou filtrada para uso em chuveiros na máquina de papel, por exemplo. Para filtração podem ser usados filtros de tambor, de pressão ou simples filtros vibratórios planos.

Para a reutilização dos condensados de processo são usados processos de precipitação, de oxidação química e processo de troca catiônica e aniônica, para a eliminação da dureza da água e controle da contaminação por metais principalmente ferro e manganês no branqueamento.

Para os condensados contaminados são usadas torres de purificação (stripping towers).

Podemos citar ainda a osmose reversa, a evaporação e a cristalização como processos para a produção de água pura a partir de água contaminada. Alguns estão ainda em desenvolvimento e outros podem ser aplicados dependendo da utilização final da água recuperada e dos custos que se podem suportar para o tratamento.

Finalmente resta um lodo do processo de tratamento dos efluentes. Este lodo é disposto após prensagem por meio de filtros prensa de correias, prensas de rosca e centrífugas. A lama seca pode ser queimada em caldeiras de leito fluidizado ou disposta em enchimento de terras (landfill).

Por fim queremos dizer que este campo de trabalho é muito especializado e deve ser tratado por técnicos especialistas em tratamento de efluentes.

4. REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NAS PLANTAS DE CELULOSE E PAPEL

Não temos espaço de comentar todas as possibilidades de economia de água nas plantas de celulose e de papel, por essa razão daremos somente alguns pontos resumidos de onde se tem oportunidade de economizar água nas plantas integradas ou não.

A redução do consumo de água em uma planta pode ter diversas razões, entre elas: restrições ambientais, restrição ao aumento do consumo de água quando de uma expansão da produção, redução de custos do tratamento de água e de efluentes, aumento da eficiência operacional e redução dos custos operacionais.

Para um estudo mais aprofundado do problema, são necessárias algumas informações que discutimos acima e que são resumidamente:

1. Um fluxograma do sistema de água da planta, mostrando todos os pontos de uso e reutilização das diversas qualidades de águas.
2. Uma descrição das qualidades de água, suas utilizações, assim como possíveis substituições.
3. Dados de custo.
4. Um balanço de massas e de calor, de todo o sistema das águas e polpas. Este balanço deverá ser feito baseado no fluxograma atualizado e servirá de base para os estudos de redução.

O último item da listagem acima está normalmente ausente nas fábricas, porém é um item indispensável para o estudo. Ele fornece dados para as alternativas de redução de consumo, reutilização das águas, estudos de gargalos na produção e, um ponto muito importante, porém muito descuidado, os pontos de operação das bombas, que muitas vezes operam em pontos fora das curvas ótimas, causando consumo de energia elevado e perdas por ineficiência (fator de potência).

Antes de iniciar os trabalhos deve-se identificar os objetivos a serem atingidos: qual é o escopo do trabalho, qual a economia de consumo desejada, etc. A planta poderá ser dividida por áreas, nas quais se mostram os diversos fluidos, tais como:

- ◆ Águas de processos fibrosos: fria, morna, quente, gelada, branca, etc.
- ◆ Águas de processos não fibrosas, por exemplo, condensados contaminados.
- ◆ Águas não de processo: refrigeração, selagem, lavagem, etc.
- ◆ Condensados de vapor e condensados limpos.

Cada entrada e saída de água deve ser calculado, sendo importante que todos os fluxos sejam computados. Este é um trabalho estafante e grandes esforços devem ser despendidos. Talvez alguns meses devam ser gastos. Não importa a dimensão do sistema, devemos nos lembrar que alguns princípios simples de engenharia estão envolvidos:

Massa que entra = Massa que sai + Acumulação

Calor que sai = Calor que entra + Energia adicionada

As fontes de informação que podem ser usadas são: coleta de dados no campo, leituras instantâneas do SDCD, informações atualizadas da planta usando fontes do gerenciamento da produção, da manutenção e do processo.

As técnicas de medição usadas podem ser medidores portáteis de fluxo, ou técnicas menos sofisticadas como abertura de uma válvula para um tambor e medição do tempo.

Os cálculos podem ser feitos manualmente ou por meio de uma planilha de cálculo que é preferível, pois permite o uso de simulações de maneira fácil e rápida. Entretanto para grandes plantas pode ser necessário o uso de programas especiais de cálculo.

Os pontos de possível economia são, entre outros, os tabulados abaixo no sentido de entrada das matérias primas nos departamentos, sempre que possível:

1. Pátio de madeira

- a. Chuveiros de limpeza das toras de madeira antes dos picadores-coleta e reutilização.
- b. Uso de água excedente da fábrica de celulose e de papel.
- c. Uso de descascadores mecânicos (Riocell)
- d. Uso de descascadores com uso de vapor.

2. Cozimento e Lavagem de Pasta Marrom

- a. Usar vapor de formação (flash steam) no silo de pré-aquecimento.
- b. Usar descarga a frio.
- c. Usar condensado do vapor de descarga.
- d. Usar condensado contaminado recuperado.
- e. Atualizar os sistemas de depuração e de retirada de nós.
- f. Aumentar a consistência de descarga dos lavadores de massa.
- g. Usar o excesso de água morna (se houver) nos selos das bombas.
- h. Melhorar os chuveiros dos lavadores.
- i. Melhorar o sistema de coleta de respingos.

3. Branqueamento

- a. Melhorar a consistência de descarga do lavador.
- b. Melhorar os chuveiros
- c. Reutilizar a água de resfriamento dos acionamentos (se houver)

- d. Substituir os raspadores com água por raspadores à ar.
 - e. Utilizar água branca excedente da máquina de papel ou de secagem.
 - f. Instalar controle de fluxo nos chuveiros.
4. Máquina de secagem e de papel (fábricas integradas)
- a. Substituir por água branca a água fresca nos pontos de utilização desta água. Usar filtros adequados para eliminação de fibras e pelos de feltros.
 - b. Quando houver sistemas de resfriamento de água, utilizar a água de resfriamento no processo.
 - c. Fechamento do sistema de águas brancas.
 - d. Separação dos sistemas para cada máquina em fábricas com diversas máquinas em operação.
 - e. Utilização de selos mecânicos nas bombas.
 - f. Instalação de torres de resfriamento em fábricas com sistemas fechados e que tem problema de aumento de temperatura do sistema.
 - g. Controle de temperatura nas bombas de vácuo.
 - h. Substituição das bombas de vácuo por exaustores centrífugos com possível utilização do calor de exaustão.
5. Sistema de recuperação
- a. Reutilização do condensado contaminado e água morna na lavagem de massa marrom.
 - b. Utilizar água morna na recaustificação.
 - c. Usar licor alcalino nos lavadores do forno.
 - d. Melhorar o sistema de coleta de respingos,

Para as fábricas de papel, os pontos de possível economia variam de acordo com as instalação e tipos de papel que são produzidos.

Consideramos fábricas que utilizam polpa mecânica as que usam os processos SGW, RMP, TMP, CRMP, cTMP, BCTMP, SCMP. CMP, APMP, todos nas siglas em inglês desses processos.

Pode-se imaginar que é extremamente difícil resumir neste trabalho os pontos de possíveis economias devido a complexidade do assunto, mas entre muitos outros podemos citar:

utilização dos pressatos, recuperação de calor, aumento da consistência de descarga das prensas, etc.

5. REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NAS FÁBRICAS DE PAPELÃO E CARTÃO.

Devido ao espaço restrito para este trabalho, decidimos falar com um pouco mais de detalhe somente para a produção de papéis para caixas de papelão e cartões. Neste capítulo falaremos das possibilidades de economia de água e da redução de água efluente da fábrica de papel e que vai para o tratamento de efluentes. Também falaremos, sempre de forma reduzida, das maneiras dos equipamentos e sistemas de recuperação de água.

O excesso de água branca de uma máquina de papel tem duas origens principais:

1. A pasta recebida na máquina de papel proveniente das torres de alta consistência e que entra no preparo de massa entra com uma concentração de 12-15% e sai das prensas da máquina de papel com ao redor de 50%. A água restante é evaporada na secagem e o papel sai da máquina de papel (MP) com 90%.

2. Água fresca adicionada ao processo por meio de chuveiros e outros usos na MP, água infiltrada pelas gaxetas das bombas, etc. Essa água fica contaminada com fibras e deve ser tratada como água de processo.

Temos dois sistemas básicos de água nas MP: sistema aberto e sistemas fechados. Os sistemas abertos eram usados nos velhos tempos de que falei no início deste trabalho, onde praticamente não existia recirculação da água de processo salvo pequena quantidade de água ao redor da mesa plana. Toda a água das bombas de vácuo, chuveiros das prensas, e água de selagem das bombas era água fresca! Com o tempo os sistemas foram sendo fechados e hoje em dia temos sistemas onde as águas são segregadas em diferentes correntes de diferentes consistências, usa-se diferentes equipamentos para a recuperação de água e fibras com a reutilização das águas recuperadas com diferentes quantidades de fibras, substituição da água fresca com águas da recuperação de fibras, uso de selos mecânicos nas bombas, reutilização das águas das bombas de vácuo, etc.

Existem alguns efeitos adversos do alto grau de reutilização das águas de processo entre os quais podemos citar: 1) acúmulo de finos; 2) baixa da taxa de drenagem; 3) risco de deposição nas tubulações; 4) entupimento de chuveiros, 5) aumento da temperatura do processo, etc. Entretanto esses problemas podem ser resolvidos com soluções apropriadas.

Chamamos de água branca rica a água que sai da tela da máquina com teor de fibras mais alto que de outras partes da máquina como caixas úmidas, rolo couch, etc, e águas pobres as demais águas drenadas da máquina. Entretanto o termo "água rica" tem diferentes conotações dependendo do papel sendo produzido. Por exemplo, em uma máquina onde se produz papel para embalagem com consistências de entrada de 0,2% e outra que produz cartão com 1% de consistência na caixa, a água da tela tem consistências diferentes, talvez falamos de 0,02% e 0,5%.

Um ponto básico é que os sistemas de água branca devem ser projetados e operados para trabalhar com fluxos e consistências os mais uniformes possíveis, isto é, sem variações de conteúdo de finos, fibras, cargas e químicos, seja durante a operação normal como nas horas de quebras. Por essa razão dissemos acima que em fábricas que operam diversas máquinas mesmo que seja com um mesmo tipo de papel, os sistemas devem ser completamente separados para cada máquina. Devem ser construídos tanques que permitam que a máquina opere por certo tempo reintroduzindo quantidades de quebras, de refugos e de água branca controladas. Assim

no projeto deve ser considerado com cuidado o sistema de quebras e de estocagem da água branca de processo.

Devem ser introduzidos sistemas de recuperação de fibras e de águas. Existem para isso diversos sistemas: filtros de discos, filtros de tambor, recuperados de flutuação, etc.

Vamos indicar agora alguns princípios de engenharia para os sistemas de águas:

1. Cada máquina deve ter seu próprio sistema de águas. Deve-se impedir que exista migração entre diversas máquinas das águas e dos finos causando falta de balanço do sistema.
2. O sistema de quebras deve ser separado do sistema das águas brancas. As quebras e os refugos devem ser tratados e reintroduzidos no sistema proporcionalmente às quantidades dos outros componentes para haver estabilidade operacional. Um desequilíbrio na proporção da massa que entra na MP pode causar quebras e problemas de qualidade. No caso de papéis revestidos deve haver um sistema de quebras e refugos separado a fim de proporcionar um teor controlado de caolim.
3. A água mais rica deve ficar restrita o máximo possível junto do lado úmido. Deve haver uma separação na parte úmida das águas com diferentes teores de fibras, sendo usual ter três sistemas: sistema de água rica; sistema de água fraca e sistema de água fresca.
4. A massa nova que entra no sistema provém muitas vezes de um tanque de mistura. Neste caso a massa das quebras e refugos que entra neste tanque de mistura não deve conter os finos e a diluição nele deveria ser feita com filtrado claro. Dessa forma o tanque de filtrado claro deve ser dimensionado para quebras prolongadas.

A estabilidade operacional pode sofrer com três fontes principais de instabilidade: 1) problemas operacionais na máquina; 2) variações na quantidade e na natureza das águas e massas recebidas e c) variações na qualidade química da água que entra na MP.

Finalmente queremos indicar que existem fontes potenciais para redução ou eliminação do uso de água fresca. Um deles são as bombas de vácuo. Pode-se usar sistemas de cascadeamento, de controle de temperatura ou de recirculação da água. Outro é o uso de torres de refrigeração para as águas dos trocadores de calor dos acionamentos, freios, condicionadores de ar, transformadores elétricos, etc. Pode-se usar no lugar das bombas de vácuo os exaustores centrífugos com a vantagem do reaproveitamento do calor de exaustão. Existe, neste caso a desvantagem do mais alto investimento e manutenção. Podemos também citar os selos mecânicos para as bombas centrífugas, que trazem a vantagem de diminuição dos custos e manutenção e das paradas.

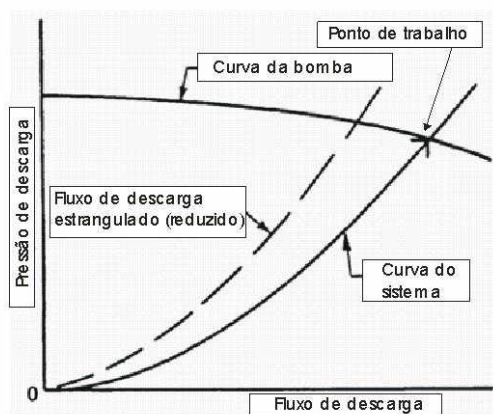
6. REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESULTANTE.

No início deste trabalho dissemos que existe uma correlação entre a economia de água e a economia de consumo de energia elétrica. Como isto pode se dar?

Como vimos no estudo do processo de uma fábrica temos que estudar cada ponto do sistema e calcular as vazões e outros dados. Assim podemos definir os equipamentos e suas capacidades e calcular os consumos de energia dos mesmos.

Como regra geral podemos dizer que os equipamentos devem ser escolhidos, do ponto de vista de consumo de energia, no seu melhor ponto de trabalho. Devemos também prever que a produção poderá aumentar e, para isso, devemos prever a possibilidade de aumento de produção sem troca do equipamento. Dessa forma o equipamento deverá ser escolhido com vistas a possíveis ampliações de produção com melhorias nos seus detalhes. Temos acompanhado o esforço dos fabricantes de equipamentos no sentido de modulação dos mesmos para possibilitar futuros acréscimos ou modificações de pequena monta, mas que podem conseguir aumentos expressivos de produção ou menor custo de produção.

Um equipamento largamente utilizado nas fábricas de celulose e papel são as bombas, que hoje são fabricadas no princípio de unidades modulares. Infelizmente a escolha das bombas é feita normalmente sem o cuidado necessário e muitas vezes elas trabalham longe de seu ponto de trabalho ótimo e serve bem para modelo do processo de escolha dos equipamentos. Vamos ver alguns pontos que podem ajudar em uma escolha mais criteriosa. Outra vez queremos dizer que não cabe neste trabalho o estudo detalhado da escolha correta das bombas. Pretendemos fazer isto em trabalho separado.



Na figura ao lado vemos um diagrama de trabalho de uma bomba. Nas ordenadas aparece a pressão de descarga da bomba e nas abscissas o fluxo de descarga da bomba. É mostrada uma curva da bomba que na verdade é uma família de curvas para cada bomba e tipo de bomba, uma curva de descarga estrangulada que é a curva da bomba sem pressão de descarga e estrangulada por uma válvula de controle na saída e uma curva do sistema.

São particularmente importantes a curva da bomba e a curva do sistema. A curva da bomba são curvas determinadas em banco de provas pelo fabricante para uma determinada bomba, formando uma família de curvas da bomba; a curva do sistema é uma curva da tubulação do sistema operando a diversas pressões e vazões de maneira a podermos traçar uma curva que é sobreposta à curva da bomba. O ponto de cruzamento das duas é o ponto de trabalho da bomba. A escolha da bomba deve ser feita para este ponto. Podemos usando a família de curvas escolher uma bomba que permita maiores ou menores fluxos dependendo do diâmetro do rotor, mas que operam sempre próximo do ponto de melhor rendimento. Esta é a bomba ideal.

Porém o ponto triste é que as bombas são selecionadas de maneira pobre, pois alguns fabricantes oferecem ao cliente a bomba de menor custo possível e nem sempre o mais barato é o mais econômico! Devemos ter em mente os seguintes pontos:

- Uma bomba centrífuga vai trabalhar no ponto onde a curva da bomba intersecta a curva do sistema. Deve-se observar que este ponto nem sempre é o ponto de melhor eficiência operacional (PME) para uma determinada tarefa;
- Para trazer a bomba para o ponto de trabalho muitas vezes temos que estrangular o fluxo com perda de eficiência e causando possíveis problemas mecânicos tais como deflexão do eixo e problemas nas gaxetas ou selos mecânicos.
- As bombas são fabricadas para diversas velocidades de rotação: 2 pólos, 4 pólos, 6 pólos, etc. Os motores não trabalham nessas velocidades pois têm um deslizamento normal, com perda de eficiência de trabalho.

- Muitas vezes é escolhido um motor super dimensionado para uma bomba. Neste caso o motor vai trabalhar fora de seu PME perdendo energias na forma de calor. Isto agregado ao fato de que a bomba também não opera no seu PME onera o investimento e o custo operacional de forma velada.

Com estas notas queremos dizer que a seleção das bombas é simples, mas não fácil. Cuide ao comprar uma bomba em não acreditar que a bomba ofertada é sempre a melhor. E você estiver comprando uma bomba com um grande desconto, alguma coisa está errada- como dizem os americanos, não existe almoço grátis, algo sempre se paga por ele. Tenha em mente em envolver um engenheiro de processo e outros técnicos na escolha final.

Do lado elétrico, a escolha de motores super dimensionados para a tarefa leva a perdas elétricas devido a baixo fator de potência, cabeamento super dimensionado com aumento de custos de investimento, etc

Podem-se usar motores de velocidade variável em muitos pontos onde antigamente isto era proibitivo devido ao baixo custo dos motores de frequência variável, com economia global nos investimentos e custos operacionais. Existem hoje inúmeros desenvolvimentos como os motores de ímãs permanentes, motores de alta eficiência, inversores de frequência, cabos de alta qualidade, etc., que permitem aumento de eficiência com menores custos de investimento e operacionais.

RESUMO FINAL

Esperamos ter dado aos nossos ouvintes uma idéia dos pontos que podem ser abordados em um programa de economia de água em fábricas de papel e celulose. Infelizmente nosso espaço é restrito para o tratamento de assunto tão amplo. Pretendemos tratar de cada um destes assuntos em trabalhos dedicados a cada um deles em futuro próximo.