

5 Resultados

Com o objetivo de se determinar experimentalmente o coeficiente de troca de calor do gerador de pasta de gelo, foram realizadas 23 experiências segundo o método descrito no capítulo 4.

No planejamento das experiências houve uma preocupação de se abranger uma ampla faixa dos parâmetros envolvidos no processo, como a vazão da solução aquosa e a velocidade de rotação da haste.

O protótipo no processo de produção resulta uma solução aquosa de finos cristais de gelo em suspensão de diâmetro menor que 1 mm. A forma desta solução é de uma pasta “líquida” de gelo, que pode ser obtida em variadas concentrações. A figura 48 mostra a saída da pasta do gerador e o sensor que registra a temperatura da pasta de gelo.

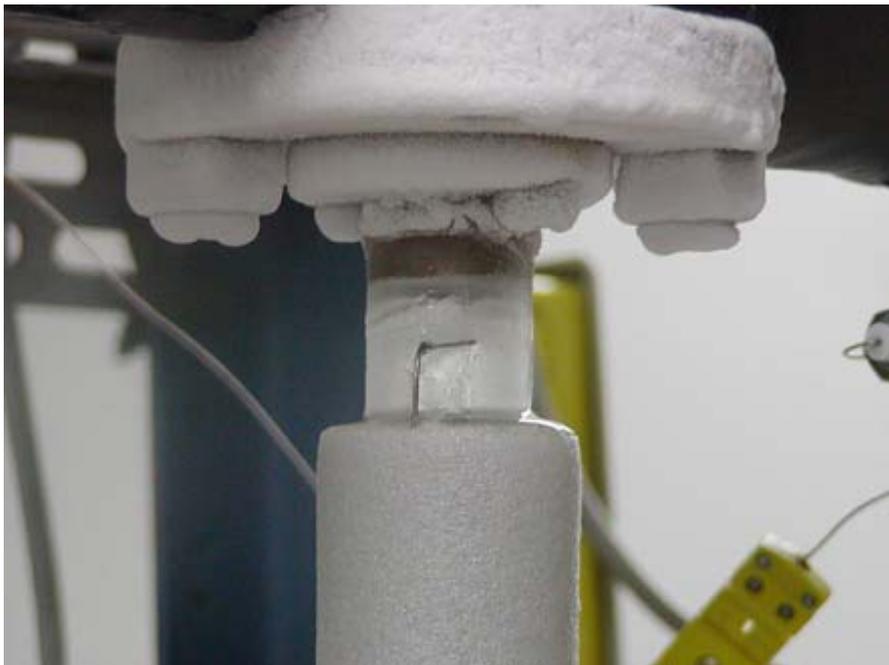


Figura 48 - Vista do protótipo produzindo pasta de gelo e o sensor de temperatura

Na figura 49 temos uma vista parcial do gerador e uma amostra de pasta de gelo coletada num depósito. Uma das principais vantagens da pasta de gelo é a sua forma líquida, que permite que a mesma seja transportada por bombeamento e armazenada em tanques.



Figura 49 - Amostra de pasta de gelo produzida pelo gerador

Foram produzidos, com sucesso, pastas de gelo empregando-se soluções aquosas de propileno glicol, etileno glicol, e etanol. Também é possível obter pastas de gelo com soluções salinas como CaCl_2 , NaCl , MgCl_2 e até com água do mar. Ao contrário das outras soluções aquosas, com esta pasta é possível a imersão direta de produtos na pasta de gelo. Esta característica é ideal para a indústria de pescados, esta tecnologia é conhecida como “FLO ICE”. Outras soluções aquosas podem também servir na indústria de alimentos. Com as soluções aquosas de propileno e etileno glicol obtém-se pastas de gelo na qual não é possível a imersão direta do produto, mas por suas propriedades estáveis são utilizadas em ar condicionado e outros processos com trocadores de calor.

Manipulando-se a pasta de gelo verifica-se facilmente suas boas características. Por exemplo, pode-se experimentar altas potências de resfriamento ao se misturar a pasta de gelo com água morna. O resultado é a imediata troca de calor devido à grande área de troca de calor da pasta em combinação com a alta capacidade devida ao calor latente.

Foi observado que o transporte a baixas velocidades apresenta problemas. A figura 50 é clara, mostra regiões onde a manipulação da pasta não é recomendável. De fato, contataram-se muitas dificuldades na hora de medir a concentração da pasta de gelo pela determinação da massa específica no medidor Coriolis já comentado anteriormente, mas informação a este respeito é encontrada no Thermal energy design storage design guide (<http://www.epsLtd.co.uk>).



Figura 50 - A velocidade de transporte da pasta gelo deve ser considerada

Os cristais de gelo têm menor massa específica do que o líquido e, devido a forças de empuxo, estes cristais flutuam. Se a rede de transporte de pasta tem curvas, o que é normal, estes cristais tendem a aglomerar-se nos pontos altos, obstruindo o transporte. Após uma parada é aconselhável circular uma solução aquosa com concentração de gelo nula. Este processo elimina o problema descrito. É preciso também atender as seguintes precauções para minimizar problemas:

- Evitar grandes trechos de tubulação vertical

- Superdimensionar as bombas (usar variadores de velocidade)
- Fornecer energia de emergência para as bombas e componentes críticos.

A temperatura da pasta de gelo varia segundo a concentração do aditivo na solução e o aditivo empregado, podendo variar de 0 a -40 °C. Na figura 51 é apresentada a variação da concentração de gelo por temperatura da pasta de gelo para uma solução aquosa de propileno glicol com 8% de concentração.

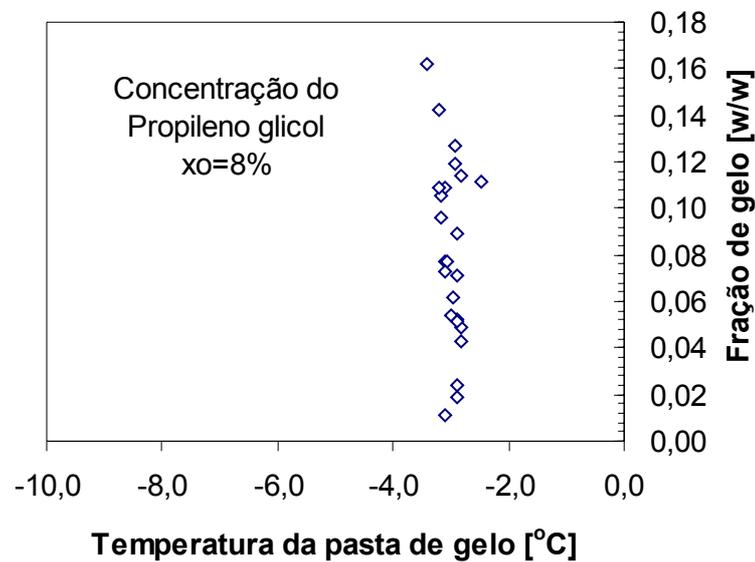


Figura 51 - Variação da temperatura da pasta de gelo por fração de gelo

Foi observado que a fração de gelo aumenta com a redução da vazão da solução. É também influenciada pela rotação da haste, crescendo com esta. Este fenômenos são observados na figura 52 abaixo.

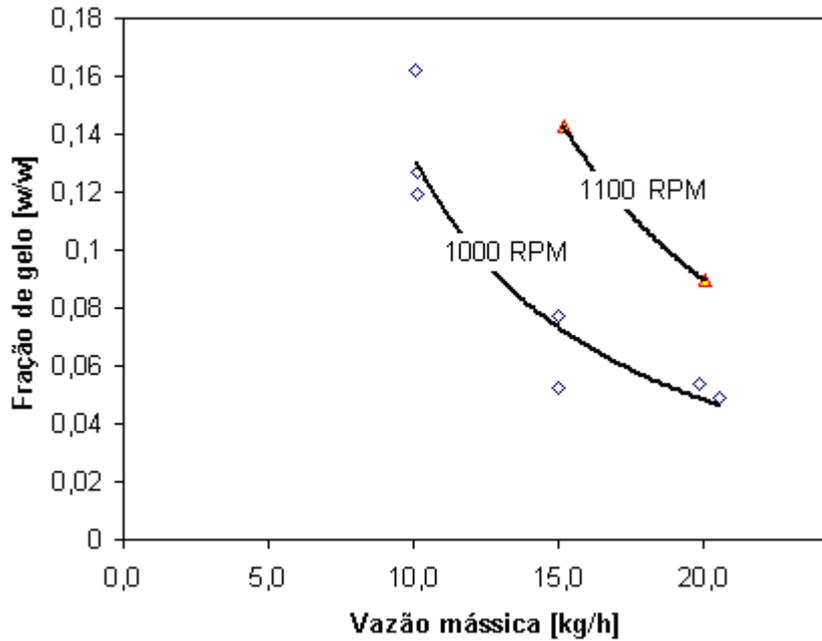


Figura 52 - Variação da fração de gelo versus vazão mássica e rotação da haste

O efeito da vazão mássica da solução no coeficiente global de troca de calor do gerador é apresentado na figura 53. Pode-se observar que este aumenta com a vazão. Como era de se esperar a fração de gelo aumenta se a vazão diminui.

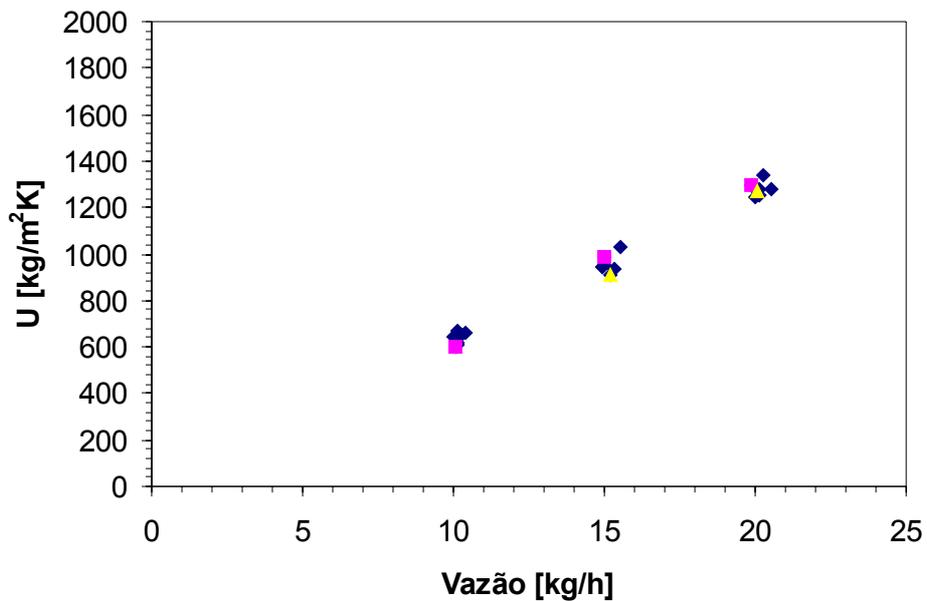


Figura 53 - Variação do coeficiente global de troca de calor com a vazão mássica da pasta de gelo

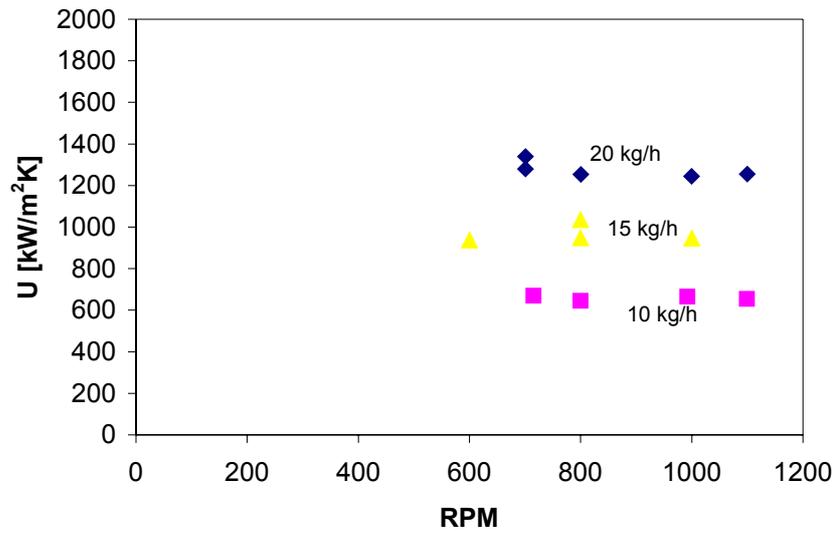


Figura 54 - Variação do coeficiente global de troca de calor com a velocidade da haste no evaporador

Finalmente é apresentada na figura 55 a quantificação do calor transferido no processo da geração da pasta.

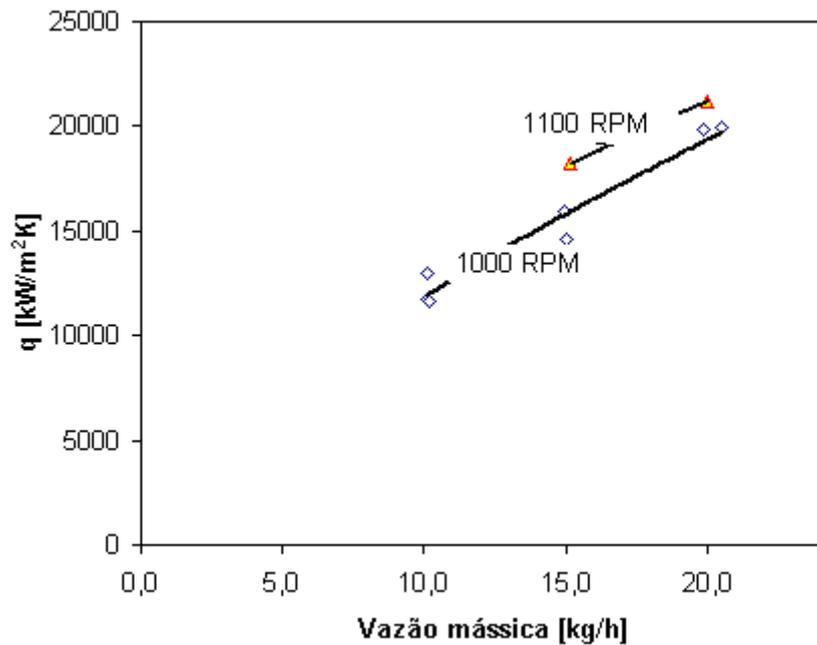


Figura 55 - Variação do calor transferido na área interna de troca de calor do lado da solução aquosa

O efeito da velocidade de rotação da haste na troca de calor pode ser visto na figura 55. Claramente o coeficiente aumenta com o incremento da velocidade de rotação e da vazão mássica, lembrando que este aumento já estava previsto pela análise teórica apresentada no primeiro capítulo. Com grandes velocidades de rotação tem-se:

- 1) Grande força centrífuga que formam um filme fino;
- 2) O fluido se movimenta muito rápido provocando grandes forças de cisalhamento.
- 3) O filme de fluido pode ser removido, mas freqüentemente.