

## 4 Conclusões

Os Fenômenos de super-resfriamento e nucleação foram estudados em cápsulas cilíndricas horizontais de diferentes materiais, diâmetros, rugosidades da parede interna, e finalmente, diferentes temperaturas do fluido de transferência. Os testes realizados apresentam resultados que mostram uma forte influencia destes parâmetros na presença do super-resfriamento e nucleação da água em cápsulas cilíndricas.

### 4.1. Curvas Características do Processo de Resfriamento em Cápsulas

1. Foi apresentada uma classificação dos diferentes tipos de super-resfriamento com e sem a presença de nucleação. A classificação foi realizada para cápsulas de 30 e 80 mm de diâmetro.
2. Foi concluído que o fenômeno de super-resfriamento pode permanecer em estado indefinido para determinadas temperaturas do FT, este caso se apresenta geralmente com baixa condutividade térmica do material da cápsula, com altas temperaturas do MMF e com baixas rugosidades da parede interna.

### 4.2. Análise da Taxa de Resfriamento

1. A melhor posição de medição da temperatura para definir a taxa de resfriamento é a posição inferior interna, na qual apresenta menor incerteza.
2. Tempos maiores do Dt correspondem a menores temperaturas do FT e menores rugosidades da parede interna da cápsula.
3. Para materiais condutores, a taxa de resfriamento é maior.
4. Diâmetros maiores correspondem à taxas de resfriamento maiores.
5. A taxa de resfriamento aumenta com o diâmetro da cápsula.

6. Para tempos maiores do Dt correspondem a menores temperaturas do FT e menores rugosidades da parede interna da cápsula.

Podemos concluir, no estudo da taxa de resfriamento, que os parâmetros que influenciam na determinação desta variável são: a posição do sensor na parede interna da cápsula, a temperatura do FT, a rugosidade da parede interna da cápsula, o material da cápsula e o diâmetro interno da cápsula.

### 4.3.

#### **Análise Estatística do Super-Resfriamento e da Nucleação**

1. A probabilidade de super-resfriamento é maior para materiais de menor condutividade térmica.
2. Para maiores valores de condutividade, a probabilidade de nucleação aumenta.
3. Materiais com alta condutividade apresentam altas TR, e em consequência, altas probabilidades para que ocorra nucleação no MMF.
4. Para maiores rugosidades correspondem menores probabilidades de super-resfriamento
3. Valores altos da rugosidade correspondem a maiores probabilidades de nucleação.
4. Em termos gerais, para a mesma rugosidade, a cápsula de 80 mm apresenta maiores probabilidades de super-resfriamento que a cápsula de 30 mm.
5. A cápsula de 80 mm de diâmetro e com rugosidade de 9,51  $\mu\text{m}$  apresenta aproximadamente a mesma probabilidade de super-resfriamento que a cápsula de 30 mm e rugosidade de 2,32  $\mu\text{m}$ , corroborando a teoria da alta influência da rugosidade no processo de super-resfriamento, isto é, apesar de que a cápsula de 80 mm apresenta um volume muito maior que a cápsula de 30 mm, a rugosidade elevada da primeira cápsula, faz com que apresente a mesma probabilidade de super resfriamento que a cápsula de 30 mm.

### 4.4.

#### **Tempo Total até a nucleação**

1. O tempo  $t_{\text{TN}}$  (tempo total até a nucleação) se reduz significativamente para cápsulas de 30 mm em comparação com as cápsulas de 80 mm de diâmetro. A

ocorrência do fenômeno de nucleação ( $t_{TN}$ ) é menor enquanto menor for o volume do MMF.

2. A rugosidade da parede interna da cápsula influencia no tempo  $t_{TN}$ , porém, para a cápsula de 45 mm de diâmetro e  $\xi = 0,6 \mu\text{m}$ , apresenta um  $t_{TN}$  menor do que para a cápsula de 30 mm de diâmetro e  $\xi = 0,6 \mu\text{m}$ .

#### 4.5.

#### Visualização do Super-Resfriamento e Nucleação

1. Para temperaturas maiores do FT não teve formação de gelo dendrítico no processo de nucleação.
2. Não ocorre a formação de gelo dendrítico sem o fenômeno de super-resfriamento.
3. Segundo a distribuição de temperaturas dentro da cápsula antes da nucleação, pode ocorrer um “bloqueio” parcial ou total devido à formação de gelo dendrítico.
4. O tempo de bloqueio é maior para maiores temperaturas do FT.

#### 4.6.

#### Trabalhos Futuros

##### 4.6.1.

##### Processo de nucleação forçada pela influenciadas externa como interna.

Pelas condições estáveis externas para determinar o fenômeno da nucleação dentro da cápsula das experiências é preciso realizar testes com perturbação externa como interna (partícula de nucleação).

##### 4.6.2.

##### Variação do sentido do fluxo no fluido de transferência

Foi encontrado que as experiências mostraram um comportamento peculiar para parâmetros da rugosidade dentro da superfície interior, diâmetro das cápsulas e material, mantendo constante o sentido do fluido de transferência, por tanto se pode

optar por realizar experiências com diferentes sentido do fluxo de transferência (parâmetros externos).

Assim Também seria conveniente realizar teste com cápsula cilíndrica em sentido vertical, pela observação que todas as experiências realizadas do fenômeno de nucleação foram observadas que ou fenômeno ocorre na parte superior da cápsula no sentido da fluência do fluxo da temperatura FT.

#### **4.6.3.**

#### **Obter o mapeamento interno das temperaturas do MMF**

A pesar dos testes feitos, ficam por averiguar sobre o comportamento da movimentação das massas convectivas interna para diferentes diâmetros de cápsulas cilíndricas, já que foi observada uma diferencia do fenômeno por causa do diâmetro das cápsulas.

Comparações de cápsulas cilíndricas e cápsulas esféricas, para distintos sentidos de fluxo de resfriamento.

#### **4.6.4.**

#### **Intervalo de aquisição de dados.**

As experiências realizadas foram tomados dado de tempos na aquisição de 0.5 segundos, tempos constantes de resfriamento para tempos constantes, do início ate finalizar o teste, em tanto seria bom fazer teste específicos sobre o fenômeno de nucleação com tempos de aquisição de 0.01 segundos, para melhor observação do salto de super-resfriamento ate a temperatura de mudança de fase.