

6

Tratamento dos Dados

Após a aceitação do nível de confiabilidade da bancada experimental, puderam ser realizados os testes para obtenção dos coeficientes convectivos do fluido de comportamento viscoplástico nas geometrias já mencionadas. Neste trabalho, iniciaram-se os testes pela solução aquosa de Carbopol 646, polímero acrílico (BF Goodrich) neutralizado, com concentração mássica 0,12%, que posteriormente foi diluída para 0,092% e, finalmente, esta última foi levada a 0,06%.

6.1

Propriedades Físicas

Para soluções aquosas de polímeros, a literatura recomenda (por exemplo, [28]) que todas as propriedades, com exceção da viscosidade e das propriedades elásticas, sejam consideradas as mesmas da água nas correspondentes temperaturas, se a concentração mássica estiver abaixo de 1%. Para as soluções aquosas testadas no simulador térmico considerou-se o calor específico igual ao da água, com incerteza de $\pm 10\%$.

6.1.1

Viscosidade

Caracterização dos Fluidos de Teste

O fluido escolhido para representar o comportamento do fluido de perfuração, o Carbopol 646, apresenta um certo grau de elasticidade. O grau de viscoelasticidade dos diferentes tipos de fluidos de perfuração pode variar em função da sua composição. Mas, apesar de alguns fluidos apresentarem alta elasticidade, os efeitos decorrentes desta característica podem se tornar desprezíveis [5], dependendo da geometria de escoamento. Desse modo, tais fluidos podem ser descritos através de um modelo Newtoniano Generalizado.

O reômetro rotacional PHYSICA UDS-200 foi o equipamento usado na caracterização de todos os fluidos não newtonianos deste trabalho. A geometria na qual ocorreram as medições foi a de Couette (com cilindro interno girante e copo fixo). O cilindro interno (bob) foi coberto por uma fina lixa d'água (granulação 2000), para minimizar o efeito de deslizamento do fluido na superfície sólida.

A geometria vane e copo tem sido recomendada como alternativa para medir em baixas taxas de cisalhamento. Contudo, um estudo preliminar comparativo feito por Farias *et al.* [8], mostrou que, quando as medições são feitas utilizando-se o bob abrasivo, reproduz-se bem os resultados obtidos ao se medir usando o vane. Se o bob estiver com superfície lisa, a região de *power-law* não fica bem caracterizada. Esta foi a razão pela qual se optou pelo bob abrasivo nas medições para caracterização dos fluidos.

Um outro aspecto das caracterizações realizadas é que foi selecionado o modelo de comportamento para fluidos viscoplásticos proposto por Souza Mendes e Dutra [33], o qual é inspirado no modelo apresentado por Papanastasiou [26], e tem se mostrado ser apropriado para o ajuste das curvas de caracterização de materiais viscoplásticos com aparente tensão mínima de escoamento e pseudoplasticidade (*shear-thinning*). Este modelo define, de forma mais clara, o patamar mais elevado de viscosidade para baixas taxas de cisalhamento, e é descrito segundo a equação

$$\tau = \left(1 - \exp\left(\frac{-\eta_0 \dot{\gamma}}{\tau_0}\right)\right) (\tau_0 + K \dot{\gamma}^n) \quad (6-1)$$

onde

τ_0 é a tensão limite de escoamento

η_0 é a viscosidade quando $\tau < \tau_0$

$\dot{\gamma}$ é a taxa de cisalhamento

n é o índice de comportamento

K é o índice de consistência

Procedimento de Elaboração dos fluidos

Como já relatado, de cada fluido preparado para os testes no simulador, foi tomada uma amostra para medição no reômetro, logo após a sua preparação e, também, durante a fase de testes no simulador. Num evento de caracterização de uma amostra de fluido novo ficou constatada a influência, na reologia do fluido, do modo de mistura durante o preparo das soluções. A busca pela homogeneização da primeira solução de

Carbopol 0,12%, com a solução neutralizadora de NaOH, ocorreu durante longo tempo (aprox. 1h) recirculando-se a solução para o reservatório, por meio da bomba heloidal. Já a segunda solução de Carbopol a 0,12% teve sua homogeneização feita por meio de um agitador de pás, durante aproximadamente 40 minutos. Ambas foram deixadas a descansar por um longo período de tempo antes de serem retiradas amostras para realizar a primeira caracterização. A segunda solução apresentou maior nível de viscosidade do que a primeira. Todavia, os índices de comportamento das duas amostras estavam na mesma faixa. A figura 6.1 demonstra a diferença entre as curvas de viscosidade para estes dois fluidos antes de serem circulados e aquecidos no simulador térmico. Pelos diferentes resultados das curvas de caracterização obtidas para cada fluido novo, em função do modo de preparo destes, estabeleceu-se um procedimento a ser seguido para que todos os novos fluidos fossem elaborados sob o mesmo modo de preparo. Este procedimento consistia dos seguintes passos:

- 1) Colocar num reservatório uma parte (maior parte) da quantidade total pré-determinada de água (deionizada) da mistura
- 2) Espalhar o pó de carbopol, de forma bem distribuída (quantidade pré-determinada) na superfície da água do reservatório do "item 1", sem misturar.
- 3) Tampar o reservatório e deixar a descansar por, no mínimo, oito horas (para a quantidade mínima de aproximadamente 100kg de água). Este tempo de descanso garante, de forma segura, que o pó de carbopol seja naturalmente penetrado pela água, ficando completamente molhado, decantando no reservatório e sem formar pelotas.
- 4) Após o período de descanso, acrescentar a solução de NaOH (solução neutralizadora) e também a quantidade restante de água deionizada.
- 5) Misturar a solução por meio de um agitador de pás, em rotação moderada para que minimizar a formação de bolhas de ar na mistura. Neste processo, movimentar lentamente o agitador, levando-o para diferentes posições do interior do reservatório, durante aproximadamente quarenta minutos. Nas elaborações dos fluidos para a presente pesquisa, este tempo foi o suficiente para tornar homogênea a quantidade de 400kg de solução aquosa de carbopol.
- 6) Finalmente, separar amostras de fluido, tomadas de diferentes posições do interior do reservatório, caracterizá-las no reômetro e comparar os resultados, no intuito de conferir a homogeneidade da mistura.

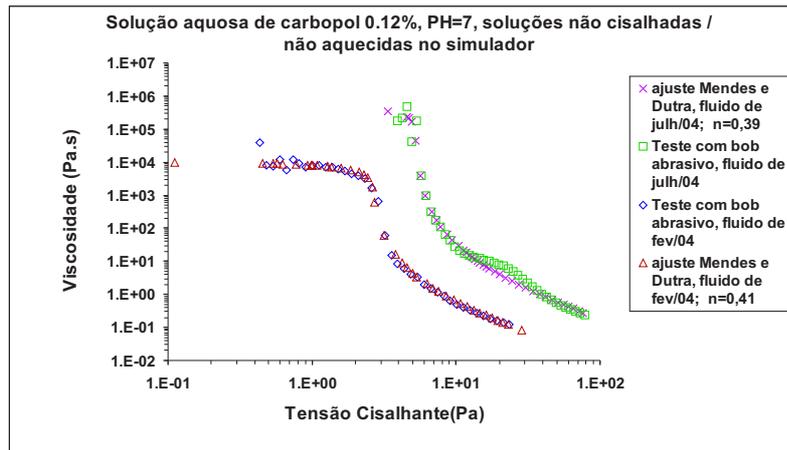


Figura 6.1: Caracterização de solução aquosa de Carbopol 646 à 25°C, concentração 0,12%. Rampa de torque logarítmica e contínua, de 1000 a 20000 μNm

Foram feitas também caracterizações dos fluidos de testes em diferentes níveis de temperaturas. Os resultados mostraram um comportamento anômalo das soluções, o qual já havia sido mencionado na literatura, como, por exemplo, no trabalho de Park e Irvine [27]. Estes autores mostraram, para soluções de Carbopol 934, dados experimentais de medição da viscosidade em diferentes temperaturas. Para soluções de concentrações 3500 e 5000 wppm de carbopol, as viscosidades decresceram com a elevação da temperatura, ao passo que, as soluções de 7500 e 10000 wppm, aumentaram suas viscosidades quando a temperatura se elevou. A temperatura máxima testada pelos autores foi de 35°C. Ao comportamento observado nas duas soluções de concentrações mais altas, os autores atribuíram o surgimento da anomalia a uma possível variação estrutural nas moléculas do polímero, que seja dependente da temperatura e da concentração. No presente trabalho, os testes comparativos das temperaturas dos fluidos, nas diferentes concentrações experimentadas, embora tenham mostrado tal comportamento anômalo, não se verificou mudança significativa nos índices de comportamento dos fluidos com a temperatura.

Para ilustrar estas observações, apresentam-se abaixo as curvas obtidas na caracterização da solução de Carbopol 646, de concentração 0,12%, as quais exibem um resultado mais atípico do que o encontrado por Irvine e Park, a respeito da viscosidade. Estas foram as curvas mais expressivas da alteração das viscosidades com a temperatura, dentre os testes realizados neste sentido, no presente trabalho.

Segundo informações da literatura, é normal encontrar, dentre os

fluidos não newtonianos, os que diminuem sua viscosidade enquanto a temperatura é aumentada. No caso do Carbopol 646 0,12%, antes de entrar na condição considerada "normal" de comportamento, este fluido passou pelo fenômeno inverso.

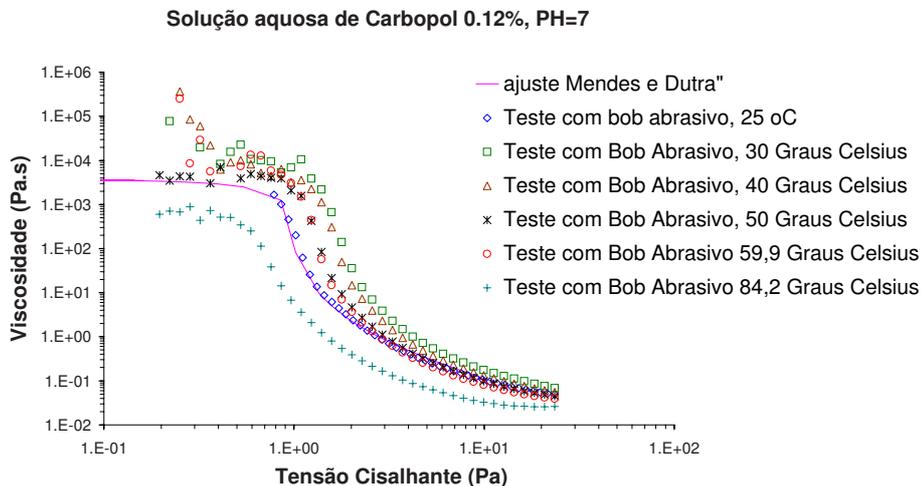


Figura 6.2: Variação da viscosidade com a temperatura - solução aquosa de carbopol com concentração 0,12%

Na figura 6.2, percebe-se que o nível de aumento da viscosidade, na faixa de temperaturas de 25 a 30 graus Celsius, é maior do que o seu decréscimo quando a temperatura é superior a 30°C. Porém, torna-se imperceptível a variação da viscosidade entre as temperaturas 50 e 59,9°C, sugerindo que haja uma estabilização no processo de decaimento da mesma. Embora nas médias tensões cisalhantes fica mais evidente a diferença entre as viscosidades, para o caso em que a temperatura aumenta consideravelmente (84,2°C), a viscosidade muda (neste caso, diminui) claramente durante toda a faixa de tensão aplicada ao fluido.

O fluido utilizado na caracterização apresentada na figura 6.2 havia passado por vários testes no simulador termohidráulico, antes do teste apresentado aqui nesta seção. Os níveis de temperaturas escolhidos para a caracterização foi baseado nas temperaturas de parede do tubo interno do espaço anular e temperaturas de *bulk* atingidas pelo fluido durante o seu aquecimento no simulador.

A figura mostra a caracterização da solução aquosa de Carbopol 646, na concentração 0,092%. Este gráfico tem por objetivo mostrar também a influência, na viscosidade da mistura final, de fluidos de mesma concentração, mas que passaram por forma de preparo diferentes. O fluido intitulado "an-

tigo” foi elaborado a partir da diluição da solução de carbopol 0,12%. O fluido intitulado ”novo” foi elaborado segundo o procedimento descrito anteriormente, para o preparo de fluido novo. Na caracterização apresentada na figura, as temperaturas foram escolhidas de acordo com os mesmos critérios utilizados para o caso da solução de concentração 0,12%, acima mencionados.

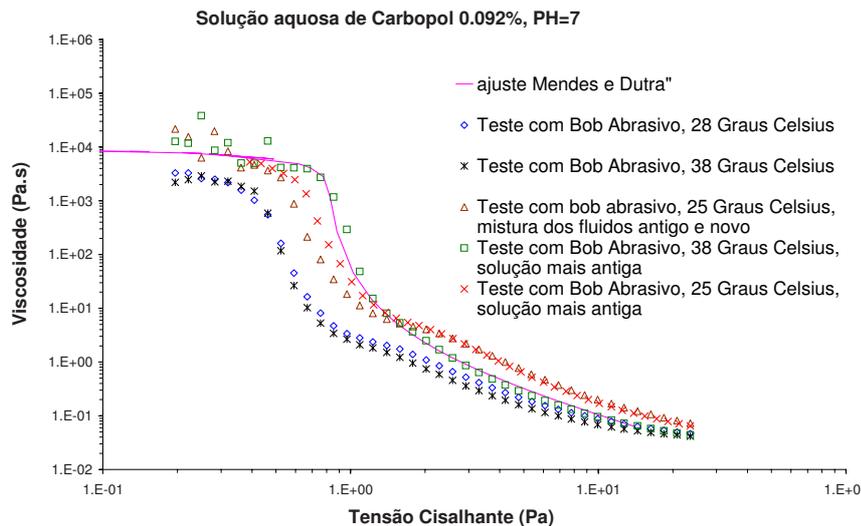


Figura 6.3: Variação da viscosidade com a temperatura - solução aquosa de carbopol com concentração 0,092%

Na figura 6.3, as amostras do fluido ”novo”, caracterizadas em 28 e 38°C, apresentam suas curvas de viscosidade quase superpostas. As curvas de caracterização da solução ”antiga”, obtidas a 25 e 38°C, diferem pouco entre si, mas, a curva de temperatura mais baixa, nas taxas de cisalhamento mais elevadas, indica viscosidades maiores.

Observa-se, ainda, que a viscosidade da solução resultante da mistura dos fluidos ”antigo” e ”novo”, na temperatura de 25°C, para maiores tensões de cisalhamento, coincide com a viscosidade do fluido antigo, nesta mesma faixa de tensão cisalhante e temperatura. A diferença de viscosidades, entre estas duas amostras, na região *power law*, não é significativa.

Apesar de se verificar o comportamento anômalo da viscosidade da solução aquosa de carbopol, em função da temperatura, há que se observar, pelos gráficos, que a variação das curvas na região *power law* praticamente permanece constante, indicando também que os índices de comportamento do fluido continuaram dentro da mesma faixa, não sendo, portanto, evidenciada a influência da temperatura neste parâmetro reológico. Esta verificação, a respeito da manutenção dos índices de comportamentos para os

fluidos, permitiram que os resultados dos testes no simulador pudessem ser agrupados de acordo com o índice de comportamento do fluido, nas análises que se seguiram.

A taxa de cisalhamento característica, resultante em cada caso experimental, foi determinada pela equação 3-18, com o auxílio dos dados das curvas de caracterização de cada fluido. Conhecendo-se esta taxa de cisalhamento, a viscosidade característica pôde ser avaliada.

Acompanhamento da Degradação do Fluido

Vários fluidos apresentam alta sensibilidade ao tempo de cisalhamento e, em alguns casos, como é mostrado por Choi *et al.* [7], podem ser fortemente degradados, não sendo recomendados para recircular em escoamentos (principalmente turbulentos) com duração de ao menos um dia. As caracterizações feitas com frequência, ao longo dos experimentos do presente trabalho, mostraram que o Carbopol 646 resistiu a longas horas de cisalhamento e aquecimento, até que fosse alterada a sua curva de comportamento.

No apêndice B apresentam-se alguns exemplos de gráficos referentes às caracterizações mais significativas dos fluidos de teste. Estas caracterizações foram realizadas à temperatura ambiente, pois, conforme demonstrado na subseção anterior, foi suficiente a caracterização em apenas uma temperatura, para que se tivesse determinado o n dos fluidos utilizados nos experimentos.

6.1.2 Condutividade Térmica

A condutividade térmica foi determinada experimentalmente, pois se tinha disponível no laboratório um dispositivo que foi preparado para medir tal propriedade. Desprezou-se a sua variação com a taxa de cisalhamento, pois não se atingiu, nos experimentos, níveis de taxas de cisalhamento características que exercessem influência sobre esta propriedade. Segundo dados da literatura [16] e [17], as taxas passam a influenciar a partir de aproximadamente 5s^{-1} .

6.1.3

Densidade

As densidades dos fluidos foram consideradas iguais à da água, conforme recomendado pela literatura [28] para soluções aquosas de polímeros em concentrações abaixo de 1%.

6.2

Determinação dos Coeficientes Convectivos

Os coeficientes convectivos e, portanto, os números de Nusselt (Nu), foram determinados para o espaço anular e tubo, para as diferentes soluções de carbopol. No espaço anular, em diferentes razões de raios, obteve-se o Nu da parede interna, para várias vazões. Para cada vazão, distintos níveis de potência foram impostos na seção.

No caso do teste com tubo não se trabalhou com diferentes vazões para cada solução, pois a potência máxima que poderia ser inserida nesta seção era insuficiente para se identificar notória diferença de temperatura axial quando se trabalhava em vazões mais altas.

6.2.1

Escoamento em Espaço Anular

A seção de testes foi preparada para trabalhar em espaço anular com condição de contorno de fluxo de calor uniforme no tubo interno e parede externa isolada termicamente.

A potência gerada na parede interna do espaço anular é definida por

$$q = V.I \quad (6-2)$$

e o fluxo de calor é

$$q'' = \frac{q}{A_s} \quad (6-3)$$

onde A_s é a área superficial transversal à direção de saída da energia gerada q .

Quando há um fluxo de calor uniformemente gerado na superfície interna e, existindo isolamento térmico na parede externa do anular, a temperatura de *bulk* do fluido em seu interior varia ao longo do eixo de forma linear, quando o escoamento está completamente desenvolvido, isto é,

$$T_{b_z} = T_{b_e} + \frac{q''_{wi} \pi D_i z}{\dot{m} c_p} \quad (6-4)$$

na qual

z é uma posição axial genérica no anular

T_{b_z} é a temperatura de *bulk* numa posição axial z

q''_{wi} é o fluxo de calor na parede interna do anular

D_i é o diâmetro do tubo interno

\dot{m} é a vazão mássica

c_p é o calor específico do fluido

Com estas informações, a definição do coeficiente convectivo local é dada por:

$$q''_{wi} = h_i (T_{wi} - T_{b_z}) \quad (6-5)$$

Para a região de escoamento desenvolvido hidrodinâmica e termicamente, os coeficientes convectivos locais não variam na direção do escoamento e o número de Nusselt (Nu) associado, é dado por

$$Nu = \frac{h_i D_H}{k} \quad (6-6)$$

onde k é a condutividade térmica do fluido.

O Nu foi calculado com base no diâmetro hidráulico do anular para ser comparado com importantes dados da literatura. Foi calculada uma média entre os Nusselt's obtidos experimentalmente, em cada posição axial monitorada na parede do tubo.

6.2.2

Escoamento em tubos

Com o tubo sob fluxo de calor constante na superfície e com isolamento térmico no lado externo da parede, fazendo-se um balanço de energia para o escoamento interno ao tubo pode-se escrever, considerando-se regime permanente, para um tubo de comprimento Δz e raio interno constante r_i :

$$q''_w 2\pi r_i \Delta z = \dot{m} c_p (T_{b_z} - T_{b_e}) \quad (6-7)$$

sendo

q''_w o fluxo de calor na parede do tubo

\dot{m} a vazão mássica do fluido

c_p o calor específico do fluido

T_{b_z} e T_{b_e} as temperaturas de *bulk* na saída e na entrada, respectivamente, do fluido num trecho de tubo de comprimento Δz .

Como o fluxo de calor na superfície do tubo é uniforme e a superfície externa termicamente isolada, a temperatura de *bulk* varia linearmente ao longo do eixo.

Na região completamente desenvolvida, a diferença entre as temperaturas de *bulk* e da parede numa dada seção transversal do escoamento não depende da coordenada axial, e por isso a distribuição da temperatura ao longo da parede também fica linear. Isto pôde ser claramente visualizado pela diferença entre as temperaturas lidas pelos termopares das três seções transversais selecionadas para monitoramento no tubo.

De acordo com a montagem do experimento, a única fonte externa de suprimento de calor ao fluido circulante foi devida à geração uniforme de calor na parede do tubo. Logo, o coeficiente convectivo é definido por

$$q_w'' = h(T_{w_z} - T_{b_z}) \quad (6-8)$$

onde:

T_{w_z} é a temperatura da parede na posição z do tubo

h é o coeficiente de troca de calor por convecção. Como se trata de região completamente desenvolvida, este valor é constante.

Portanto, têm-se determinados experimentalmente os coeficientes convectivos de troca de calor para o escoamento de um fluido viscoplástico num tubo, em regime laminar.

6.3

Avaliação das Incertezas

A variável central deste trabalho, o número de Nusselt, é função de grandezas cujos valores puderam ser medidos ou então foram especificados com base em dados da literatura, como é o caso do calor específico das soluções aquosas utilizadas nos testes.

Seguindo o critério de Kline e McClintock [10], primeiramente determinaram-se os coeficientes de sensibilidade de cada variável de influência no número de Nusselt.

As variáveis podem ser desmembradas conforme abaixo, com seus respectivos coeficientes de sensibilidade e as suas incertezas. Para a análise

em espaço anular, o número de Nusselt é calculado com base no diâmetro hidráulico ($D=D_H$)

6.3.1

Incertezas das Variáveis Básicas

No cálculo da incerteza das variáveis do número de Nusselt, as incertezas das variáveis tempo, comprimento, diferença de potencial, corrente elétrica, temperatura, calor específico e condutividade térmica estavam previamente determinadas, em função dos instrumentos de medição ou com base na literatura. Os valores das respectivas incertezas estão indicados na tabela 6.1, juntamente com os valores de incertezas das variáveis para as quais o cálculo precisou ser efetuado. Nesta tabela, as incertezas do tipo **B** foram associadas aos mensurandos, na sua maioria, supondo-as como sendo iguais à metade da resolução do próprio instrumento ou, do instrumento que foi usado para medir a grandeza. Esta hipótese foi assumida porque não se tinha em mãos os certificados de calibração. Já a incerteza da condutividade térmica, por exemplo, foi assumida igual a $\pm 10\%$ do valor obtido experimentalmente.

Para a tabela 6.2, três séries de medidas foram feitas e, todas mantiveram um comportamento semelhante a respeito do aumento do valor da incerteza da vazão entre os pontos médios de 0,005 e 0,05 kg/s .

6.3.2

Coeficientes de Sensibilidade e Incertezas Propagadas

Fluxo de calor

$$q_w'' = \frac{VI}{\pi DL} \quad (6-9)$$

$$\frac{\partial q_w''}{\partial V} = \frac{I}{\pi DL} = \frac{q_w''}{V} \quad (6-10)$$

$$\frac{\partial q_w''}{\partial I} = \frac{V}{\pi DL} = \frac{q_w''}{I} \quad (6-11)$$

$$\frac{\partial q_w''}{\partial D} = -\frac{VI}{\pi D^2 L} = -\frac{q_w''}{D} \quad (6-12)$$

$$\frac{\partial q_w''}{\partial L} = -\frac{VI}{\pi DL^2} = -\frac{q_w''}{L} \quad (6-13)$$

sendo a incerteza igual a

$$\delta q_w'' = \left[\left(\frac{q_w''}{V} \delta V \right)^2 + \left(\frac{q_w''}{I} \delta I \right)^2 + \left(\frac{q_w''}{D} \delta D \right)^2 + \left(\frac{q_w''}{L} \delta L \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6-14)$$

Temperatura de bulk

$$T_{b_z} = T_{b_e} + \frac{q_w'' \pi D z}{\dot{m} c_p} \quad (6-15)$$

$$\frac{\partial T_{b_z}}{\partial q_w''} = 1 \quad (6-16)$$

$$\frac{\partial T_{b_z}}{\partial D} = \frac{\pi D z}{\dot{m} c_p} \quad (6-17)$$

$$\frac{\partial T_{b_z}}{\partial z} = \frac{q_w'' \pi}{\dot{m} c_p} \quad (6-18)$$

$$\frac{\partial T_{b_z}}{\partial \dot{m}} = -\frac{q_w'' \pi D z}{\dot{m}^2 c_p} \quad (6-19)$$

$$\frac{\partial T_{b_z}}{\partial c_p} = -\frac{q_w'' \pi D z}{\dot{m}^2 c_p^2} \quad (6-20)$$

$$\frac{\partial T_{b_z}}{\partial T_{b_e}} = 1 \quad (6-21)$$

sendo a incerteza igual a

$$\delta T_{b_z} = \left[(\delta T_{b_e})^2 + \left(\frac{\pi D z}{\dot{m} c_p} \delta q_w'' \right)^2 + \left(\frac{q_w'' \pi z}{\dot{m} c_p} \delta D \right)^2 + \left(\frac{q_w'' \pi D}{\dot{m} c_p} \delta z \right)^2 + \left(-\frac{q_w'' \pi D z}{\dot{m}^2 c_p} \delta \dot{m} \right)^2 + \left(-\frac{q_w'' \pi D z}{\dot{m}^2 c_p^2} \delta c_p \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6-22)$$

Número de Nusselt

$$Nu = \frac{hD}{k} = \frac{q_w'' D_H}{(T_w - T_b) k} \quad (6-23)$$

$$\frac{\partial Nu}{\partial q_w''} = \frac{D}{(T_w - T_b) k} = \frac{Nu}{q_w''} \quad (6-24)$$

$$\frac{\partial Nu}{\partial D} = \frac{q_w''}{(T_w - T_b) k} = \frac{Nu}{D} \quad (6-25)$$

$$\frac{\partial Nu}{\partial T_w} = -\frac{q_w'' D}{(T_w - T_b)^2 k} = -\frac{Nu}{(T_w - T_b)} \quad (6-26)$$

$$\frac{\partial Nu}{\partial T_b} = \frac{q_w'' D}{(T_w - T_b)^2 k} = \frac{Nu}{(T_w - T_b)} \quad (6-27)$$

$$\frac{\partial Nu}{\partial k} = \frac{q_w'' D}{(T_w - T_b) k^2} = -\frac{Nu}{k} \quad (6-28)$$

sendo, finalmente, a incerteza igual a

$$\delta Nu = \left[\left(\frac{Nu}{D} \delta D \right)^2 + \left(-\frac{Nu}{(T_w - T_b)} \delta T_w \right)^2 + \left(\frac{Nu}{(T_w - T_b)} \delta T_b \right)^2 + \left(-\frac{Nu}{k} \delta k \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6-29)$$

Tabela 6.1: Incertezas estimadas

Símbolo	Variável	Incerteza	Tipo da Incerteza
δt	tempo[s]	$\pm 0,005$	<i>B</i>
δL	comprimento [m]	$\pm 0,001$	<i>B</i>
δV	ddp[V]	$\pm 0,005$	<i>B</i>
δI	corrente elétrica [A]	$\pm 0,1$	<i>B</i>
δD	diâmetro [m]	$\pm 1 \times 10^{-5}$	<i>B</i>
δD_H	diâmetro hidráulico[m]	$\pm 5 \times 10^{-4}$	<i>B</i>
δT_w	temperatura na parede[°C]	$\pm 0,1$	<i>B</i>
δT_{be}	temperatura <i>bulk</i> na entrada[°C]	$\pm 0,1$	<i>B</i>
δm	massa [kg]	$\pm 5 \times 10^{-6}$	<i>A</i>
$\delta \dot{m}$	vazão [$\frac{kg}{s}$]	ver tabela 6.2	<i>A</i>
δc_p	calor específico [$\frac{J}{kg^\circ C}$]	± 418	<i>B</i>
δk	condutividade térmica [$\frac{W}{m^\circ C}$]	$\pm 0,07$	<i>B</i>

Tabela 6.2: Incertezas combinadas para várias faixas de vazão

Nível de Vazão Média [$\frac{kg}{s}$]	Incerteza [%]
0,005	$\pm 1,53$
0,011	$\pm 7,44$
0,022	$\pm 7,91$
0,033	$\pm 5,96$
0,042	$\pm 4,50$
0,054	$\pm 6,71$
0,066	$\pm 1,83$
0,076	$\pm 1,40$
0,086	$\pm 2,74$
0,098	$\pm 1,24$
0,108	$\pm 1,95$