

5

Análise dos resultados

5.1

Análise quanto à resistência ao escoamento e à tração dos materiais

- A razão entre a resistência ao escoamento média real dos corpos de provas retirados de cada espécime transversalmente e longitudinalmente ($\sigma_{yTm}/\sigma_{yLm}$) variou de 0,88 a 1,12, sendo que dos 5 corpos de prova, 2 ficaram abaixo de 1,00.
- A razão entre a resistência à tração média real dos corpos de prova retirados de cada espécime transversalmente e longitudinalmente ($\sigma_{uTm}/\sigma_{uLm}$) variou de 0,9 a 1,09, sendo que dos 5 corpos de prova, apenas um ficou abaixo de 1,00.
- A resistência ao escoamento mínima (SMYS) para o aço API 5L X46 é de 46000 Psi. Os ensaios dos corpos de prova retirados de cada espécime transversalmente apresentaram resultados médios da resistência ao escoamento variando de 0,90 a 1,14 de SMYS, sendo que apenas 1 dos espécimes teve valor menor que 1,00 (espécime T05).
- A resistência à tração mínima (SMTS) para o aço API 5L X46 é de 63.000 Psi. Os ensaios dos corpos de prova retirados transversalmente apresentaram resultados médios para resistência à tração variando de 0,99 a 1,31 de SMTS, sendo que apenas um dos espécimes teve valor menor que 1,00 (espécime T05).
- O espécime T05 foi o único que apresentou valores de resistência ao escoamento e à tração reais menores que os especificados para o aço API 5L X46, portanto este tubo foi fabricado fora das especificações definidas.
- A razão SMTS/SMYS para o aço API 5L X46 é de 1,37. Os valores reais de $\sigma_{uTm}/\sigma_{yTm}$ variaram de 1,28 a 1,64. Apenas o espécime T06 apresentou esta razão menor que SMTS/SMYS.

A tabela 14 apresenta os valores para cada espécime das relações de resistência ao escoamento e à tração anteriormente descritos.

Tabela 14 – Razão entre valores de resistência ao escoamento e à tração

Espécime	$\sigma_{yTm}/\sigma_{yLm}$	$\sigma_{uTm}/\sigma_{uLm}$	$\sigma_{yTm}/SMYS$	$\sigma_{uTm}/SMTS$	SMTS/SMYS	$\sigma_{uTm}/\sigma_{yTm}$
T02	0,92	1,01	1,09	1,31	1,37	1,64
T04	1,12	1,09	1,12	1,24		1,52
T05	1,05	0,90	0,90	0,99		1,50
T06	1,03	1,00	1,13	1,05		1,28
T10	0,88	1,00	1,14	1,28		1,54

5.2

Análise do volume injetado e da deformação plástica dos espécimes

O volume injetado até atingir a ruptura dos espécimes variou de 2,0 a 5,5 % do volume de cada espécime, sem levar o volume dos tampos em consideração. O volume injetado no Espécime T06 até o instante da ruptura foi bem menor do que o dos outros espécimes, o que sugere que a deformação plástica no tubo ocorreu de forma localizada, na região de ruptura. O mapeamento manual corrobora com este resultado, pois este espécime tem uma espessura média de parede maior que a dos demais na região de 8, 12 e 4 horas e a área de maior corrosão está concentrada próximo à uma das extremidades do tubo, na região compreendida entre 4 a 8 hrs. A tabela 15 apresenta o volume de cada espécime (V), sem considerar os volumes dos tampos, o volume injetado até a ruptura (V_{inj}) e a razão V_{inj} por V.

Tabela 15 - Volume dos espécimes e volume injetado até a ruptura

Espécime	V(dm3)	V_{inj} (dm3)	V_{inj}/V (%)
T 02	457	24,97	5,5
T 04	454	20,19	4,4
T 05	460	17,84	3,9
T 06	442	8,85	2,0
T 10	451	20,12	4,5

O volume de água injetado até o início da deformação plástica variou de 4,12 a 5,21 dm³. Todos os espécimes, exceto o T05, iniciaram a deformação plástica com pressão acima de 92 kgf/cm². O espécime T05 iniciou a deformação plástica com 82 kgf/cm², o que está coerente com os ensaios de tração, pois este espécime apresentou resistência ao escoamento real bem menor que a dos demais.

5.3

Análise das parcelas que compõem as equações que estimam a pressão de ruptura

Conforme descrito no subitem 2.3, as equações que estimam a pressão de ruptura de um defeito de corrosão longitudinal dependem de três parcelas. A primeira relacionada com as características do material (tensão de escoamento média), a segunda com as características geométricas do duto (D e t) e a terceira com as características do defeito (área corroída e fator de dilatação).

A depender da equação utilizada no cálculo da pressão de ruptura, a tensão de escoamento média foi calculada por $1,1 \sigma_y$, $\sigma_y + 69$ MPa ou σ_u , onde σ_y e σ_u são as resistências médias ao escoamento e à tração, respectivamente, e foram utilizadas em vez de SMYS e SMTS, conforme mencionado nos subitens 1.2 e 4.3. A razão entre as tensões de escoamento média estão relacionadas na tabela 16.

Tabela 16 - Razão entre os σ_{flow} 's dos métodos estudados

Espécime	$(\sigma_y + 69 \text{ MPa})/1,1\sigma_y$	$\sigma_u/(\sigma_y + 69 \text{ MPa})$	$\sigma_u/1,1\sigma_y$
T 02	1,09	1,37	1,50
T04	1,09	1,27	1,38
T05	1,13	1,21	1,37
T06	1,08	1,07	1,16
T10	1,08	1,29	1,40

- A tabela 16 mostra que os valores da resistência ao escoamento média utilizada nos métodos de cálculo DNV RP-F101 (complexo) e DNV RP-F101 (isolado) são bem maiores que o dos empregados nos métodos ASME B31G, 0,85 dL e “Effective Area”, visto que a razão entre eles varia de 1,07 a 1,50.

- Os valores da resistência ao escoamento média utilizados no métodos de cálculo 0,85 dL e “Effective Area” são um pouco maiores do que os da ASME B31G. A razão entre eles varia de 1,08 a 1,13.
- A segunda parcela, que se refere à geometria dos espécimes, varia no máximo em 1,4% quando comparado o termo $(\frac{2t}{D})$ presente nos métodos ASME B31G, 0,85 dL e “Effective Area” com $\frac{2t}{(D-t)}$ do método DNV RP-F101.
- A terceira parcela, que é função da área de metal perdida e do fator de dilatação, depende do perfil de corrosão e do comprimento do defeito considerado no cálculo da pressão de ruptura, o que torna a sua análise bem mais complexa e não será abordada neste estudo.

5.4

Análise dos resultados das pressões de ruptura estimadas

A seguir, é apresentada a análise da pressão de ruptura estimada para cada espécime, considerando nos cálculos os perfis de corrosão “river bottom” MM(100,20), MM(50,20), CSCAN(100,10, i) e CSCAN(100,10, p), a espessura e diâmetro medidos e as resistências ao escoamento e à tração reais. Além da análise individual para cada espécime, foi realizada uma análise geral contemplando os resultados dos 5 espécimes. Estas análises se referem aos gráficos apresentados nas figuras 17 a 21.

5.4.1

Análise individual por espécime

Espécime T02 (figura 17)

- Para cada perfil de corrosão, o valor da razão pressão de ruptura estimada por pressão de ruptura real, razão esta denominada de P_{rup} , teve o seguinte comportamento:
B31G < 0,85dL < Effective Area < RP-F101 (isolado) < RP-F101 (complexo)
- Para cada método de avaliação, os valores de P_{rup} obtidos pelos perfis com medição manual foram maiores do que os com CSCAN.
- Para cada perfil de corrosão, os valores de P_{rup} para os métodos de avaliação Effective Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) e Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) ficaram bem próximos aos valores do RP-F101 (complexo).

Espécime T04 (figura 18)

- Para cada perfil de corrosão, a pressão de ruptura P_{rup} teve o seguinte comportamento:
- Perfil medição manual MM(100,20) e MM(50,20)
B31G < 0,85dL < Effective Area < RP-F101 (isolado) < RP-F101 (complexo)
- Perfil medição CSCAN(100,10,i) e CSCAN(100,10,p)
B31G < 0,85dL < RP-F101 (isolado) < Effective Area < RP-F101 (complexo)
- Para cada perfil de corrosão, os valores de P_{rup} para os métodos de avaliação Effective Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) e Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) ficaram bem próximos aos valores do RP-F101 (complexo).
- Para cada método de avaliação, os valores de P_{rup} obtidos pelos perfis com medição manual foram maiores do que os com CSCAN.

- Para cada método, não há praticamente diferença dos valores de P_{rup} , quando comparados os perfis MM(100,20) com MM(50,20) e CSCAN(100,10, i) com CSCAN(100,10, p).

Espécime T05 (figura 19)

- Para cada perfil de corrosão, o valor da pressão de ruptura P_{rup} , teve o seguinte comportamento:

B31G < 0,85dL < RP-F101 (isolado) < Effective Area < RP-F101 (complexo)

- Para cada método de avaliação, os valores de P_{rup} , obtidos pelos perfis com medição manual foram maiores do que os com CSCAN.
- Para cada perfil de corrosão, os valores de P_{rup} , para os métodos de avaliação Effective Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) e Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) ficaram bem próximos aos valores do RP-F101 (complexo).
- Para cada método, não há praticamente diferença dos valores de P_{rup} , quando comparados os perfis CSCAN(100,10, i) com CSCAN(100,10, p).

Espécime T06 (figura 20)

- Para cada perfil de corrosão, a pressão de ruptura P_{rup} , teve o seguinte comportamento:

- Perfil medição manual MM(50,20)

B31G < 0,85dL < RP-F-101 (isolado) < Effective Area < RP-F101 (complexo)

- Perfil MM(100,20), CSCAN(100,10, i) e CSCAN(100,10, p)

B31G < RP-F101 (isolado) < 0,85dL < Effective Area < RP-F101 (complexo)

- Para cada perfil de corrosão, os valores de P_{rup} , para os métodos de avaliação Effective Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) e Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) ficaram bem próximos aos valores do RP-F101 (complexo).
- Com exceção dos métodos B31G, 0,85 dL e DNV RP-F101 (isolado) do perfil MM(100,20), os valores de P_{rup} obtidos pelos perfis com medição manual foram maiores do que os com CSCAN.
- Para cada método, não há praticamente diferença dos valores de P_{rup} quando comparados os perfis CSCAN(100,10, i) com CSCAN(100,10, p).

Espécime T10 (figura 21)

- Para cada perfil de corrosão, a pressão de ruptura P_{rup} teve o seguinte comportamento:
 - Perfil medição manual MM(100,20) e MM(50,20)
B31G < 0,85dL < Effective Area < RP-F101 (isolado) < RP-F101 (complexo)
 - Perfil CSCAN(100,10,i) e CSCAN(100,10,p)
B31G < 0,85dL < RP-F101 (isolado) < Effective Area < RP-F101 (complexo)
- Para cada perfil de corrosão, os valores de P_{rup} para os métodos de avaliação EffectiveArea ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) e Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) ficaram bem próximos aos valores do RP-F101 (complexo).
- Para cada método de avaliação, os valores de P_{rup} obtidos pelos perfis com medição manual foram maiores do que os com CSCAN.
- Para cada método, não há praticamente diferença dos valores de P_{rup} quando comparados os perfis CSCAN(100,10, i) com CSCAN(100,10, p).

5.4.2

Análise geral quanto aos métodos de cálculo

- Todas as pressões de ruptura estimadas pelos métodos B31G, 0,85 dL, DNV RP-F101 (isolado), “Effective Area” e DNV RP-F101 (complexo), em todos os perfis de corrosão levantados, ficaram abaixo do valor real de ruptura.
- O método DNV RP-F101 (complexo) foi o que apresentou o valor de pressão de ruptura estimada mais próxima da real.
- Para todos os perfis de corrosão de todos os espécimes, o valor da pressão de ruptura P_{rup} apresentou o seguinte comportamento:

$$B31G < 0,85dL < \text{Effective Area} < \text{DNV RP-F101}(\text{complexo}).$$

$$B31G < \text{DNV RP-F101}(\text{isolado}) < \text{DNV RP-F101}(\text{complexo}).$$

- A pressão de ruptura estimada P_{rup} pelo método DNV RP-F101(isolado) ficou sempre entre o B31G e o DNV RP-F101(complexo). O método DNV RP-F101 (isolado) apresentou resultados maiores que o método 0,85 dL em 85 % dos casos e maiores que Effective Area em 40%.
- A tabela 17 apresenta a variação e média da pressão de ruptura P_{rup} , obtidos nos 5 espécimes, para cada método e perfil de corrosão.

Tabela 17 - Variação e média da P_{rup} para cada método de cálculo

Perfil	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	RP-F101 (complexo)
MM(100,20)	0,51 a 0,56	0,6 a 0,67	0,63 a 0,8	0,67 a 0,91	0,89 a 0,95
MM(50,20)	0,53 a 0,67	0,63 a 0,81	0,77 a 0,83	0,67 a 0,91	0,90 a 0,95
CSCAN(100,10, i)	0,41 a 0,54	0,52 a 0,70	0,62 a 0,67	0,60 a 0,71	0,74 a 0,89
CSCAN(100,10, p)	0,42 a 0,54	0,55 a 0,70	0,62 a 0,70	0,61 a 0,71	0,75 a 0,87
Valor médio	0,50	0,63	0,71	0,72	0,88

- Os valores da pressão de ruptura calculados pelo método ASME B31G foram os que se apresentaram mais distantes da pressão de ruptura real, confirmando assim o conservadorismo do método.
- Considerando o perfil MM(100,20), em que o comprimento do defeito é de 1980 mm, portanto o maior comprimento entre perfis estudados, com exceção do espécime T04, a região onde se deu o rompimento não abrange o ponto de maior perda de espessura. Este fato demonstra que, em defeitos de profundidade variável, a região onde se dá o rompimento não está localizada preferencialmente no ponto de maior perda de espessura.
- O valor médio da pressão de ruptura P_{rup} , estimado pelo método “Effective Area”, para todos espécimes e perfis levantados que constam da tabela 17, ficou em 0,72. Este valor está compatível com valores encontrados por Kiefner, Vieth e Roytman [38] em dois espécimes testados para defeitos longos (Index Nos. 98 e 97) e que apresentaram valores de 0,73 e 0,79, respectivamente.
- Para todos os perfis, com exceção do perfil river bottom MM(100,20) do espécime T05, o local onde se deu o rompimento está localizado dentro do comprimento efetivo calculado pelo programa computacional Rstreng. Analisando o mapeamento manual do espécime T05, apresentado na figura 35 do Apêndice C, observa-se que o rompimento se deu num ponto com corrosão acentuada, porém fora do local mais provável de acontecer. Inclusive, os extensômetros foram instalados e concentrados numa área fora da região rompida.
- Os valores da pressão de ruptura estimados pelos métodos “Effective Area” ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) e Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) ficaram bem próximos aos do método DNV RP-F101. De um modo geral, a P_{rup} calculada pelo método DNV RP-F101 foi ligeiramente menor que a dos outros dois métodos.

- Apenas as pressões de ruptura P_{rup} , estimadas pelo método Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$) do espécime T06, para os perfis MM(100,20) e MM(50,20), apresentaram valores maiores que a pressão de ruptura real, ficando em 1,01.

5.4.3

Análise geral quanto aos perfis de corrosão

- Para cada um dos métodos, comparados entre eles próprios, não houve praticamente diferença entre os valores da pressão estimada quando calculados com os perfis CSCAN(100,10,i) e CSCAN(100,10,p).
- Para os perfis obtidos com a medição manual MM(100,20) e MM(50,20), os valores de pressão estimadas para os métodos “Effective Area” e DNV RP-F101(complexo) quando comparados entre eles próprios não apresentaram praticamente diferença. A diferença encontrada para os demais métodos se deve ao ponto de maior profundidade encontrado em cada perfil, isto por possuírem comprimentos distintos.
- Para cada método de cálculo, os valores de pressão de ruptura estimados com os perfis “river bottom” da medição manual foram maiores que os da medição mecanizada do tipo CSCAN, quando considerado o mesmo comprimento de defeito. Isto se deve ao fato do perfil CSCAN ser conservativo e, também, por o perfil de medição manual ter sido obtido a partir uma malha de medição mais espaçada do que a do perfil CSCAN. Como exemplo, o número de pontos medidos na área corroída no perfil CSCAN(100,10, i) foi de 2500, enquanto que no manual MM(50,20) foi de 350. Como o perfil de corrosão foi montado a partir dos pontos de menor espessura de cada seção transversal do duto, na área corroída, o conservadorismo do perfil “river bottom” CSCAN pode ser atribuído a pontos de menor espessura afastados da região rompida e que contribuíram pouco para esse rompimento. Os gráficos gerados a partir do perfil de corrosão “geratriz de ruptura”, onde o perfil foi obtido com pontos mais próximos à região de ruptura dos espécimes, quando comparados com o perfil “river bottom”, corroboram a afirmativa acima.

- As áreas de perda de espessura dos perfis MM(100,20) e MM(50,20) para cada um dos 5 espécimes são praticamente iguais. As diferenças de percentual de área corroída ($\frac{A}{A_0}$) entre os dois perfis variaram de 0 a 1,4%. O mesmo acontece com os perfis CSCAN(100,10, i) e CSCAN(100, 10, p), onde essas diferenças variaram de 0,4 a 1,0%.
- As áreas corroídas dos perfis CSCAN são maiores que as dos perfis montados por medições manuais. As diferenças de percentual de área corroída ($\frac{A}{A_0}$) entre estes dois tipos de perfil foram bastante representativas e variaram de 5,4% a 21,4%.
- Para o espécime T06 (figura 20), há um distanciamento maior entre os valores da pressão de ruptura $P_{rup'}$, entre os perfis MM(50,20) com as dos perfis CSCAN(100,10, i) e CSCAN(100, 10, p), para os métodos que utilizam o perfil de corrosão, quando comparados com os dos demais espécimes. Isto se deve à diferença muito grande dos percentuais das áreas corroídas $\frac{A}{A_0}$ dos perfis, que foram respectivamente de 20,6%, 42% e 41,2 %.
- O valor da pressão de ruptura estimada $P_{rup'}$ do espécime T06 para o método “Effective Area” e perfis MM(100,20) e MM(50,20) foi o que se aproximou mais do valor obtido pela DNV RP-F101 e, por conseguinte, do valor real de ruptura. O valor de $P_{rup'}$ foi de 0,91 e é bem maior do que os dos estimados para os outros espécimes, que chegam no máximo a 0,78. Este resultado pode ser atribuído em parte pela pequena diferença entre os $\sigma_{flow's}$.

5.5

Análise comparativa utilizando t e D nominais por t e D medidos

Para esta análise, a pressão de ruptura estimada $P_{rup'}$ foi calculada de duas formas: a primeira com valores de espessura de parede e diâmetro nominais e a segunda com estes valores medidos. Nestes cálculos foram utilizados os perfis

“river bottom” MM(100,20), MM(50,20), CSCAN(100,10, i) e CSCAN(100,10, p), resistências ao escoamento e à tração reais.

As tabelas 18 e 19 apresentam a razão entre as pressões de ruptura estimadas com valores de t e D nominais pelas pressões de ruptura estimadas com valores de t e D medidos, para cada método e perfil .

Tabela 18 - Razão pressão estimada de ruptura com valores de t e D nominais por t e D medidos, Métodos ASME B31G, 0,85 dL e “Effective Area”.

Espécime	MM(100,20)			MM(50,20)			CSCAN(100,10, i)			CSCAN(100,10, p)		
	Eff. Area	0,85 dL	B31G	Eff. Area	0,85 dL	B31G	Eff. Area	0,85 dL	B31G	Eff. Area	0,85 dL	B31G
T 02	1,01	1,01	1,00	1,01	1,02	1,00	1,00	1,02	1,00	1,01	1,02	1,00
T 04	1,00	1,01	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,01	1,00
T05	1,01	1,01	1,00	1,00	1,02	1,00	1,01	1,02	1,00	1,01	1,02	1,00
T06	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00
T10	1,01	1,01	1,00	1,01	1,01	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,01	1,00

Tabela 19 - Razão pressão estimada de ruptura com valores de t e D nominais por t e D medidos, Métodos DNV RP-F101(complexo) e DNV RP-F101(isolado)

Espécime	DNV RP-F101(complexo)				DNV RP-F101(isolado)			
	MM(100,20)	MM(50,20)	CSCAN (100,10, i)	CSCAN (100,10, p)	MM(100,20)	MM(50,20)	CSCAN (100,10, i)	CSCAN (100,10, p)
Tubo 2	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,01	1,00
Tubo 4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Tubo 5	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01
Tubo 6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Tubo 10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Como era de se esperar, os resultados pelo método ASME B31G não apresentaram diferença entre os dois tipos de cálculo. Pode-se constatar, também, que não há praticamente diferença entre os dois tipos de cálculo e que a maior diferença entre os resultados não ultrapassa 2%, podendo esta ser considerada desprezível.

5.6

Análise adicionais com o espécime T02

Além das análises com os perfis de corrosão “river bottom” MM(100,20), MM(50,20), CSCAN(100,10, i) e CSCAN(100,10, p) para todos os espécimes, com t e D medidos, foram levantados, também, os perfis “river bottom” MM(25,20), CSCAN(50,20, i), CSCAN(25,20, i), CSCAN(50,10, i) e CSCAN(100,5) do Espécime T02. O que se pretendeu com este levantamento foi analisar o comportamento da pressão de ruptura com diferentes tipos de mapeamento, comprimentos de defeitos e espaçamentos entre medições.

- A figura 22 mostra que os perfis montados a partir das medições manuais apresentaram para cada método pressões de ruptura maior que as dos perfis do tipo CSCAN, independentemente do comprimento do defeito.
- As pressões de ruptura $P_{rup'}$ para os perfis montados a partir de medições manuais - MM(100,20), MM(50,20) e MM(25,20) - estão representados na figura 23. Pode-se observar que os valores de $P_{rup'}$ para os métodos “Effective Area” e DNV RP-F101(complexo), comparados entre si, não apresentam diferença significativa. O comprimento efetivo do defeito e o percentual de área corroída calculados pelo programa computacional Rstreng foram os mesmos. Já os métodos ASME B31G, 0,85 dL e DNV RP-F101 (isolado) apresentam alguma diferença devido ao comprimento do defeito e da maior perda de espessura apresentada por cada perfil.
- As pressões de ruptura $P_{rup'}$ calculadas para cada um dos métodos estudados, considerando os perfis mapeados por CSCAN com comprimento aproximado de 0,5 m, levantados com espaçamentos de 5, 10 e 20 mm, e representadas na figura 24, não apresentaram praticamente diferença. Portanto, o espaçamento não teve influência no cálculo da pressão de ruptura para o caso estudado.
- Os perfis mapeados por CSCAN com comprimento aproximado de 1,0 m, levantados com espaçamentos de 10 e 20 mm, representados na figura 25, apresentaram diferenças nos métodos que utilizam a profundidade máxima do

defeito, principalmente no DNV RP-F101(isolado). Para o método “Effective Area” não houve diferença e para o DNV RP-F101(complexo) o espaçamento maior (20 mm) resultou em valor maior de pressão estimada de ruptura, quando comparado com o espaçamento de 10 mm.

5.7

Comparação entre perfil River Bottom e Perfil Geratriz de Ruptura

Como era de se esperar, as pressões de ruptura estimadas com os perfis geratriz de ruptura, representadas no Apêndice D nas tabelas 20 a 29, apresentaram resultados mais próximos da pressão real de ruptura que os estimadas com os perfis river bottom. Isto se deve ao fato do perfil river bottom considerar um número maior de pontos de menor espessura que não contribuem significativamente para o rompimento.