

Referências bibliográficas

- [1] WEBDUTOS, Banco de Dados de Dutos da Petrobras, mai. 2003.
- [2] ASME B31G, Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines, A supplement to ANSI/ASME B31 Code for Pressure Piping, New York, 1991.
- [3] VIETH, P.H.; KIEFNER, J.F. A Modified Criterion for Evaluating the Remaining Strength of Corroded Pipe, Contract PR-3-805, Pipeline Research Council International, Inc, American Gas Association, Catalog No. L51688Be, dec.1989.
- [4] DNV Recomendad Practice – DNV-RP-F101 – Corroded Pipelines, Det Norske Veritas, Norway, 1999.
- [5] Code of Federal Regulation 49 Parts 186 to 199, Office of the Federal Register National Archives and Records Administration, Oct. 2002.
- [6] Z662-99 Oil and Gas Pipeline Systems, Canadian Standard Association, Apr. 1999.
- [7] PGIED – Padrão para Gerenciamento da Integridade Estrutural dos Dutos da Petrobras, Rio de Janeiro: Petrobras, Rev. 1, mai. 2002.
- [8] Specification for Line Pipe, Specification 5L, American Petroleum Institute, 1995.
- [9] BENJAMIN, A.C. Avaliação de Dutos Corroídos com Defeitos de Profundidade Variável, Relatório Final do Projeto Produt 600536, Petrobras/Cenpes/PDP/MC, abr. 2003.
- [10] BENJAMIN, A.C. Avaliação da Resistência Remanescente de Dutos Corroídos Através do Método dos Elementos Finitos e de Duas Versões do Método Empírico do Código ASME B31G, 1º Relatório Parcial do Projeto 296400, Petrobras/Cenpes, mar. 1996.
- [11] BENJAMIN, A.C. Métodos para Avaliação da Resistência Remanescente de Dutos com Defeitos Causados por Corrosão, 2º Relatório Parcial do Projeto 296400, Petrobras/Cenpes, mar. 1996
- [12] BENJAMIN, A.C. Avaliação Estrutural em Dutos com Defeitos Longos, Relatório Final do Projeto 317900, Petrobras/Cenpes set. 2000.

- [13] NORONHA JR, D.B.; BENJAMIN, A.C; ANDRADE, E. Q. Modelagem de Dutos Corroídos Usando Elementos Finitos Sólidos, Relatório Final do Projeto 320500, Petrobras/Cenpes, set. 2000.
- [14] CALDWELL, J.; SMITH, G.;VIETH, P.; WILLIAMSON, G. Pipeline Pigging Course, Clarion Technical Conference and Pipes& Pipelines International, sep. 2001.
- [15] NESTLEROTH, B.; PORTER P., Pipeline Inspection Workshop, Petrobras/Cenpes, dez. 2001.
- [16] Specification and Requirements for the intelligent pig Inspection of Pipelines, Pipeline Operators'Forum, Shell International Exploration and Production BV, Netherlands, Version 2.1, nov. 1998.
- [17] MORAES, P.R.V. 15^a Reunião do Pipeline Operators Fórum. Rio de Janeiro: Transpetro/DT/Suporte/TEC/Conf, mai. 2002, Relatório de Missão ao Exterior.
- [18] CROUCH, A.; SMITH, M.Q. Resolution Impacts accuracy, Pipe Strength, pp.35-42, Sep. 2002.
- [19] VIETH, P.H.; KIEFNER, J.F. Database of Corroded Pipe, Contract PR-218-9206, Pipeline Research Council International, Inc, American Gas Association, Catalog No. L51689e, jan. 1993.
- [20] API Recommended Practice 579, Fitness for Service, American Petroleum Institute, First Edition, jan.2000
- [21] PII Pipetronix GmgH, UltraScan WM Final Report, 18" Orbel I, Regap-Esman, dec. 2000.
- [22] BINI, E.; BIASE, L. D.; SCROCCHI, D.; ZONTA, G. Cost-saving Strategies for Pipeline Integrity, The Journal of Pipeline Integrity, sep. 2001, pp.20-30.
- [23] CHOUCHAOUI, B. A.; PICK, R. J. A Thre Level assessment of Residual Strength of Corroded Line Pipe. Proceedings of 13th Intenational Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, OMAE 94, vol.5, Pipeline Technology, pp.9-18.1994.
- [24] CRONIN, D.S., PICK, R.J. A New Multi-level Assessment Procedure for Corroded Line Pipe. Proceedings of 3th International Pipeline Conference, ASME 2000, vol.2, pp. 801-808, 2000.
- [25] COSHAM, A.; HOPKINS, P. PDAM. The Pipeline Defect Assessment Manual, A Report to the PDAM Joint Industry Project, Andrew Palmer and Associates, Draf Final Report, nov. 2001.

- [26] CAZENAVE, P. and CLYNE, A., Corrosion Growth and Fitness-for-Purpose of the Orbel 18" Pipeline, PII TPI, mar. 2002
- [27] BJORNOY, O.H.; MARLEY, M.J. Assessment of Corroded Pipelines: Past, Present and Future. Proceedings 11th International Offshore and Polar engineering Conference, Stavanger, Norway, jun. 2001. pp.93-101.
- [28] ASME B31.4, Pipeline Transportation System for Liquids Hydrocarbons and Other Liquids, ASME Code for Pressure Piping, B31, An American National Standard, 1998 Edition.
- [29] ASME B31.8, Gas Transmission and Distribution Piping Systems, ASME Code for Pressure Piping, B31, An American National Standard, 1999 Edition.
- [30] BENJAMIN, A.C. Avaliação de Dutos com Defeitos de Profundidade Variável, Projeto Produto 600536, Relatório Parcial, dez. 2002.
- [31] VIEIRA, R.D. Inspeção dos Segmentos de Dutos, Rio de Janeiro: PUC-Rio, Relatório Técnico Nº 1 do contrato Cenpes Nº 650.2.164.01.0, nov. 2001.
- [32] VIEIRA, R.D. Mapeamento de Espessura dos Espécimes Tubulares, Relatório Técnico Nº 3 do contrato Cenpes Nº 650.2.164.01.0, PUC-Rio, mai. 2002.
- [33] VIEIRA, R.D. Ensaios de Tração dos Materiais dos Tubos, Relatório Técnico Nº2 contrato Cenpes Nº 650.2.164.01.0, PUC-Rio, mai. 2002.
- [34] VIEIRA, R.D. Confecção dos Tampos Soldados, Relatório técnico Nº 4 do contrato Cenpes Nº 650.2.164.01.0, PUC-Rio, mai. 2002.
- [35] VIEIRA, R.D. Testes de Pressão nos Espécimes Tubulares, Relatório técnico Nº 5 contrato Cenpes Nº 650.2.164.01.0, PUC-Rio, jun. 2002.
- [36] DEMIROVIC, N. Publicação Eletrônica [RSTRENG V3.0 (Assessment of Complex Shaped Defects)]. Mensagem recebida por souzards@centroin.com.br, dez. 2002.
- [37] BJORNOY, O.H. Publicação Eletrônica [Assessment of Complex Shaped Defects (Part B)]. Mensagem recebida por Adilson@cenpes.petrobras.com.br em nov. 2002.

- [38] KIEFNER, J.F., VIETH, P.H. and Roytman I. Continued Validation of RSTRENG, Contract PR-218-9304, Pipeline Research Council International, Inc, American Gas Association, Catalog No. L51749e, dec. 1996.
- [39] SIGURDSSON, G.; CRAMER, E.H.; BJORNOY, O.H.; FU, B.; RITTCHIE, D. Background to DNV RP-F101"Corroded Pipelines". Proceedings of 18th International Conference On Offshore Mechanics and Arctic Engineering, St. Johns, Newfoundland, Canada, jul. 1999.

Apêndice A – gráfico taxa de corrosão x probabilidade acumulativa

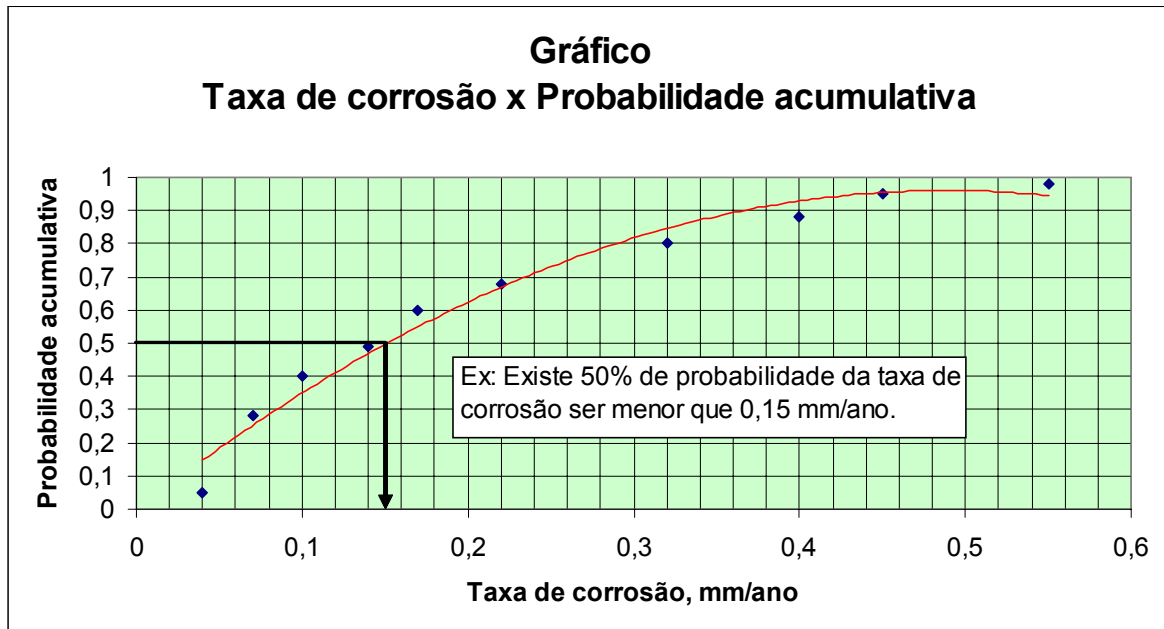


Figura 26 – Gráfico taxa de corrosão x probabilidade acumulativa

Apêndice B - telas dos programas Rstreng e DNV RP-F101

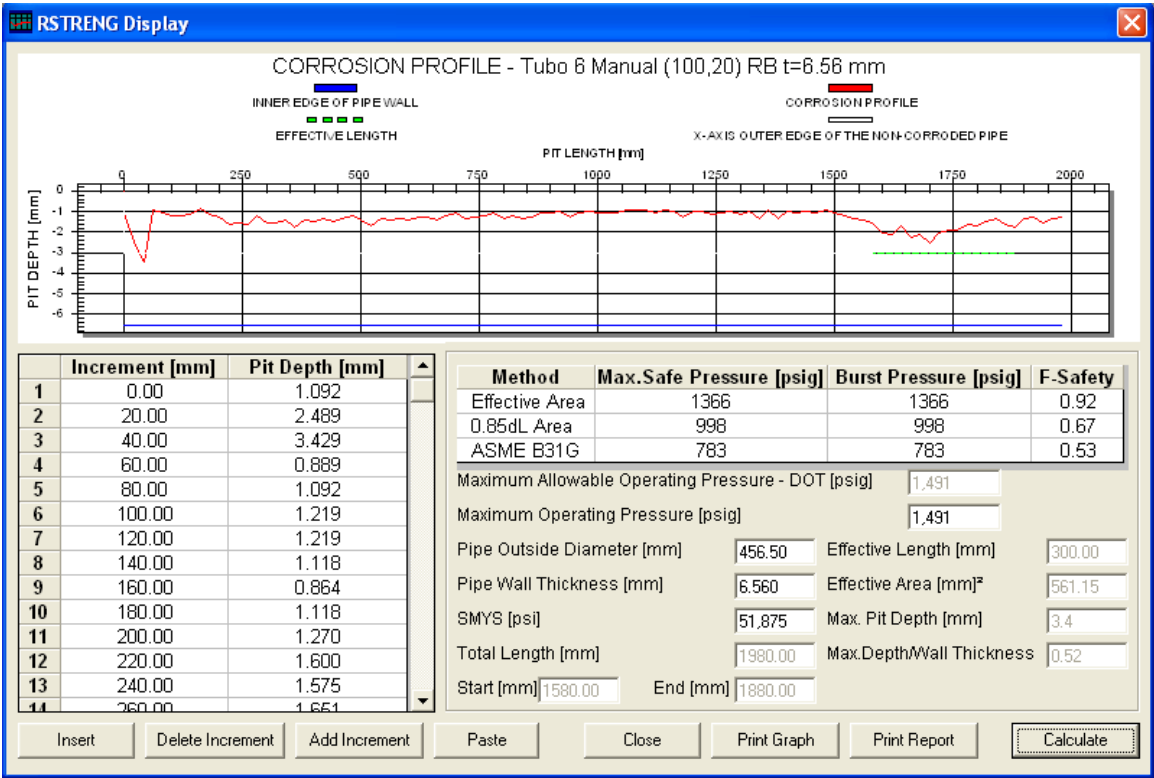


Figura 27 - Tela do programa Rstreng

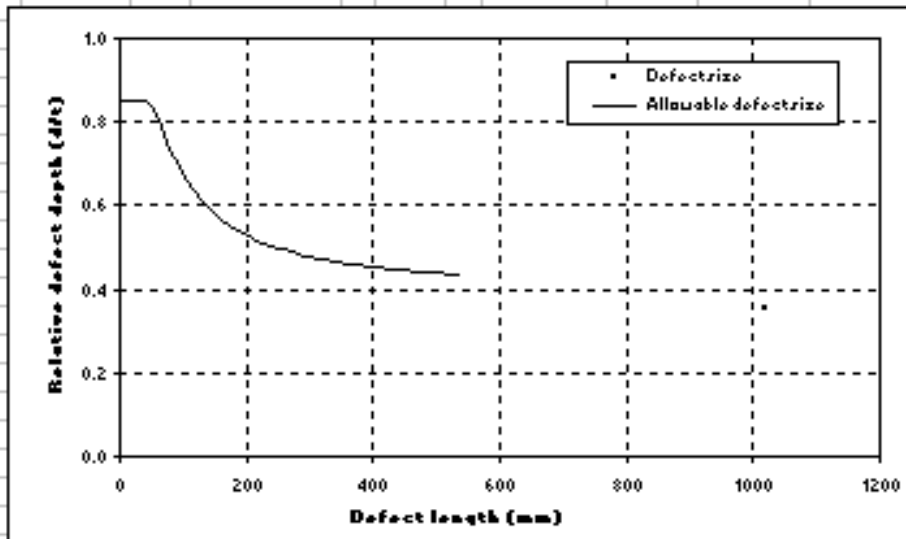
 DNV Recommended Practice, RP-F101 Corroded Pipelines Single defect, section 3, Part A Developed by: Det Norske Veritas; Pipelines Section / Rev. 01 / 14 May 1999 Licensed to PETROBRAS	
PROJECT INFORMATION	
Project title:	Tubo 10 - Geratriz River Bottom Su = 80.784 psi
Project no.:	Medição Manual - Tubo com 50 pontos espaçados de 20 m
Client:	
Subject:	
Safety class, material and inspection capabilities	
Safety Class:	High
Material req. "U":	NO
Material Grade:	
(SMYS)	0 N/mm ²
SMTS:	511.1 N/mm ²
Inspection method:	Absolute SI (UT)
Inspection capabilities:	
Confidence level (%):	95
Sizing accuracy:	0 (exact)
Geometry, load, density and reference height	
Outer diameter (D):	457.2 mm
Wall thickness (t):	6.35 mm
P _{ref} (at ref. height):	63.4 bar
Reference height:	0.0 m
Containment density:	0.0 kg/m ³
Water density:	
Height, at defect:	0.0 m
Specification of defect size	
Defect depth (d):	2.24 mm
Defect length (l):	1020.0 mm
Results	
Allowable diff. pressure:	69.4 ba
Allowable internal pressure at ref. height:	69.4 ba
Plot additional defects, number of:	0
	

Figura 28 - Tela do programa DNVRP-F101 para defeitos isolados

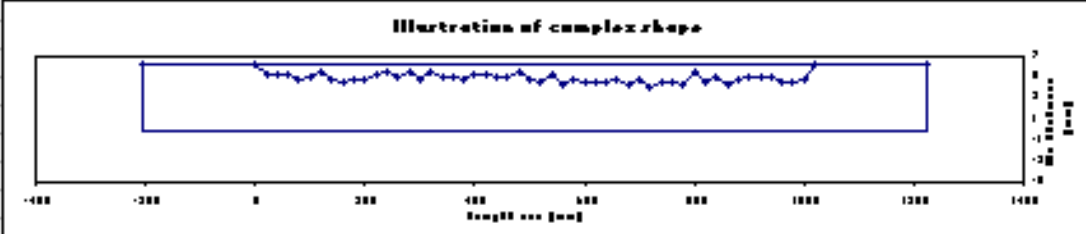
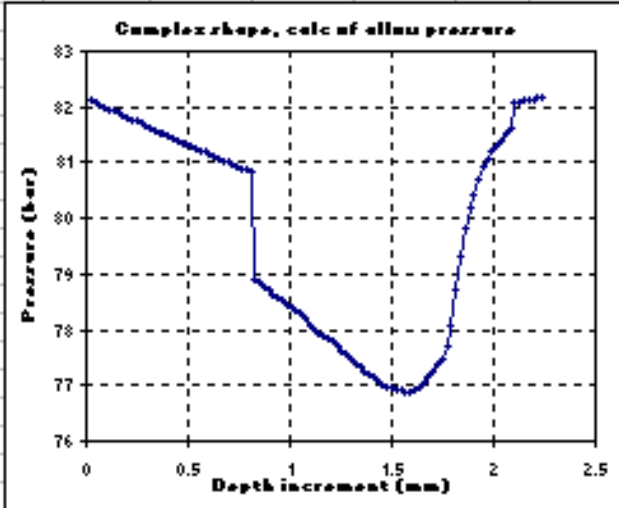
DNV Recommended Practice, RP-F101 Corroded Pipelines									
Complex defects, section 5, Part A									
PROJECT INFORMATION									
Project title:	Tubo 10 -Geratriz River Bottom Su = 80.784 psi						sign:	RDS	
Project no.:	Medição Manual - Tubo com 50 pontos espaçados de 20 mm						date:	1/3/2002	
Client									
Subject									
Safety class, Material, Inspection capabilities, Geometry, Pressure and Density									
Safety Class	High				Inspection method	Absolute r & t (UT)			
Material req. "U"	NO				Inspection capabilities				
Material Grade					Confidence level (%)	95			
SMTS	511.1 N/mm ²				Sizing accuracy	0.0 (exact)			
Outer diameter (D)	457.2 mm	18.00 inch			Reference height	0.0 m			
Wall thickness (t)	6.35 mm	0.25 inch			Containment density	0.0 kg/m ³			
P _{max} (at ref. height)	63.4 bar	920 psi			Water density	0.0 kg/m ³			
					Height, at defect	0.0 m			
Defect listing and Results									
									
Number of increments		100			Allowable diff. pressure	76.9 bar	1115 psi		
					Allowable internal pressure at ref. height	76.9 bar	1115 psi		
Max 1000 points	Defect profile								
52	Ident	length (mm)	depth (mm)						
1		0	0						
2		20	1.18						
3		40	1.03						
4		60	1.03						
5		80	1.45						
6		100	1.22						
7		120	0.87						
8		140	1.44						
9		160	1.63						
10		180	1.45						
11		200	1.54						
12		220	1.11						
13		240	0.84						
14		260	1.4						
15		280	0.83						
16		300	1.47						
17		320	0.82						
18		340	1.37						
19		360	1.37						
20		380	1.6						
21		400	1.15						
									

Figura 29 - Tela do programa DNVRP-F101 para defeitos de geometria complexa

Apêndice C – mapeamento manual e CSCAN dos espécimes T04,T05,T06 e T10

4	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD	
5	605	605	617	605	593	592	610	626	604	579	579	585	482	578	611	538	538	538	619	619	600	534	586	600	586	
6	616	622	622	624	611	622	616	588	568	579	468	478	562	537	576	538	602	587	607	578	534	612	605	538	538	
7	628	628	619	615	610	617	615	603	538	575	468	463	586	602	603	523	534	627	627	607	583	538	600	616	534	
8	652	647	627	636	616	614	600	616	586	563	484	435	575	585	634	536	535	612	600	537	607	535	605	535	532	
9	628	662	603	602	655	628	618	625	574	578	514	533	587	581	579	538	532	602	600	614	535	532	537	531	606	
10	634	603	611	624	616	606	603	624	585	465	467	542	574	583	586	600	583	602	611	601	538	606	607	658	579	
11	621	614	616	612	615	538	621	626	588	568	482	434	642	538	535	534	638	605	622	606	534	538	536	603	658	
12	648	626	628	618	624	618	615	624	586	588	535	468	576	638	556	648	533	537	648	539	602	532	587	532	607	
13	626	625	622	622	641	600	619	617	607	579	475	588	538	537	581	605	586	537	537	539	531	538	601	604	611	
14	613	611	632	584	628	535	602	606	603	663	475	436	571	586	537	581	538	605	607	615	604	583	578	537	607	
15	635	612	626	616	625	531	613	614	538	633	472	564	533	573	601	538	538	533	603	607	634	584	638	663	638	
16	634	608	608	615	626	612	633	618	585	563	434	486	632	572	536	608	585	603	606	611	538	573	608	533	537	
17	634	625	623	613	618	618	615	611	534	602	431	512	528	538	587	538	537	535	601	667	577	605	538	608	535	
18	638	537	531	588	613	616	616	605	586	574	434	474	573	576	607	532	531	602	606	625	647	535	574	558	573	
19	613	628	618	616	538	611	636	534	628	538	488	464	588	583	532	663	538	613	602	608	668	605	535	658	578	
20	623	613	621	608	628	626	618	603	613	536	453	475	636	563	576	615	600	607	617	603	533	601	604	538	602	
21	613	604	604	603	538	621	627	645	613	583	555	518	576	587	600	534	600	613	533	614	603	538	532	578	532	
22	617	622	533	538	538	625	607	618	535	600	518	477	578	583	582	533	603	608	603	618	564	586	531	628	535	
23	615	613	635	537	628	608	612	613	537	647	548	477	588	584	532	618	628	615	538	608	534	532	587	587	538	
24	616	644	532	612	622	636	608	624	652	633	633	535	533	523	581	574	576	584	534	618	614	584	641	587	608	
25	537	604	605	602	613	636	612	608	668	546	516	522	634	636	538	535	543	606	605	616	536	535	608	601	587	
26	631	618	611	651	662	605	622	601	638	555	542	642	631	602	538	563	535	601	603	603	564	533	533	538	572	
27	628	628	618	636	662	538	641	615	536	536	538	472	555	588	536	633	601	538	607	608	605	605	532	603	603	
28	608	604	631	642	678	608	653	625	604	534	588	473	587	583	652	533	538	600	608	534	576	583	581	587	602	
29	611	633	631	622	648	608	652	604	532	588	478	463	564	536	538	531	534	538	535	611	581	534	587	563	578	
30	641	655	666	662	611	631	618	624	536	538	588	485	417	608	583	533	567	585	535	617	605	602	603	601	608	
31	631	662	628	616	611	615	617	636	615	612	624	486	472	588	567	605	583	586	603	606	536	601	602	538	611	
32	619	634	628	618	638	611	615	604	538	522	437	552	552	583	531	534	535	586	611	583	562	535	585	588	602	
33	606	617	627	628	658	611	627	636	624	658	535	556	488	583	579	534	582	533	534	583	536	576	537	533	605	
34	628	624	611	641	665	615	628	628	586	554	526	464	613	658	588	612	604	606	612	618	583	563	531	535	605	
35	621	611	627	616	608	605	614	655	582	436	488	626	601	628	604	588	611	583	604	602	536	531	534	603	602	
36	612	616	625	615	625	536	628	614	608	588	488	485	587	558	608	563	585	533	537	604	603	532	603	603	604	
37	638	616	538	653	641	611	615	612	587	436	484	565	563	605	531	532	568	601	538	623	534	538	648	618	614	
38	628	634	622	614	615	617	638	622	534	585	462	488	572	583	588	615	533	535	535	565	585	538	582	605	608	
39	536	611	617	621	618	625	614	614	656	641	581	431	638	436	562	535	616	614	532	578	614	587	573	532	600	
40	537	608	603	613	607	633	627	602	535	634	542	514	571	534	538	658	604	614	534	534	538	603	601	533	533	
41	625	614	613	628	608	633	624	628	538	578	529	451	558	571	532	618	608	534	537	628	602	586	587	537	605	
42	618	612	617	617	617	538	602	603	538	588	562	436	553	584	516	538	587	605	537	589	608	607	538	607	611	
43	618	636	625	614	628	578	535	611	551	579	486	436	525	574	574	584	538	603	533	581	581	538	523	614	618	
44	631	614	613	626	618	628	603	611	573	581	523	432	618	578	588	603	535	612	604	537	548	608	603	603	606	
45	613	618	612	625	624	612	665	611	585	573	566	588	438	628	588	588	534	663	608	611	575	532	607	607	604	
46	585	585	622	628	602	623	531	533	578	481	438	486	606	606	538	608	584	614	608	611	537	536	533	573	602	
47	601	603	633	625	658	628	533	602	582	537	545	523	574	545	535	605	587	538	538	532	608	618	613	608	602	
48	628	614	622	611	628	612	588	585	607	558	478	588	574	545	577	606	603	585	606	602	613	603	538	662	663	603
49	603	608	621	605	602	643	615	611	608	532	485	585	581	573	611	536	532	585	602	583	532	608	534	603	628	
50	608	628	605	602	611	603	604	587	537	568	435	437	588	588	532	531	535	628	608	613	604	585	644	603	613	
51	658	611	538	603	612	617	535	618	533	565	466	585	578	535	535	582	573	605	535	604	534	618	608	535	613	
52	611	608	618	612	608	618	638	648	566	572	455	436	536	548	658	535	602	618	611	663	581	618	614	608	535	
53	612	618	628	625	538	535	583	536	563	474	483	438	576	574	586	535	583	603	565	608	537	535	532	531	603	
54	602	612	612	608	608	606	608	587	538	458	471	556	577	538	601	581	534	607	604	613	587	613	587	613	603	
55	634	616	625	616	621	613	628	601	583	543	488	518	566	607	606	607	603	662	605	575	525	583	608	603	538	
56	605	616	607	625	578	618	532	603	535	555	488	513	564	578	611	588	603	535	583	605	648	608	603	533	614	
57	612	612	621	606	538	612	608	628	608	552	438	515	568	581	608	655	538	536	531	536	601	587	558	535	608	
58	608	614	617	624	573	613	605	536	588	537	484	548	556	524	618	535	538	602	533	585	534	608	538	538	605	
59	605	538	617	604	617	608	615	603	643	583	588	432	526	583	538	602	603	537	608	608	611	533	535	621	603	
60	616	538	611	623	608	634	625	581	601	553	468	556	582	638	612	538	611	608	618	668	601	533	538	608	608	
61	618	606	626	603	616	611	653	617	535	573	486	561	644	577	628	535	604	538	608	622	611	612	602	602		

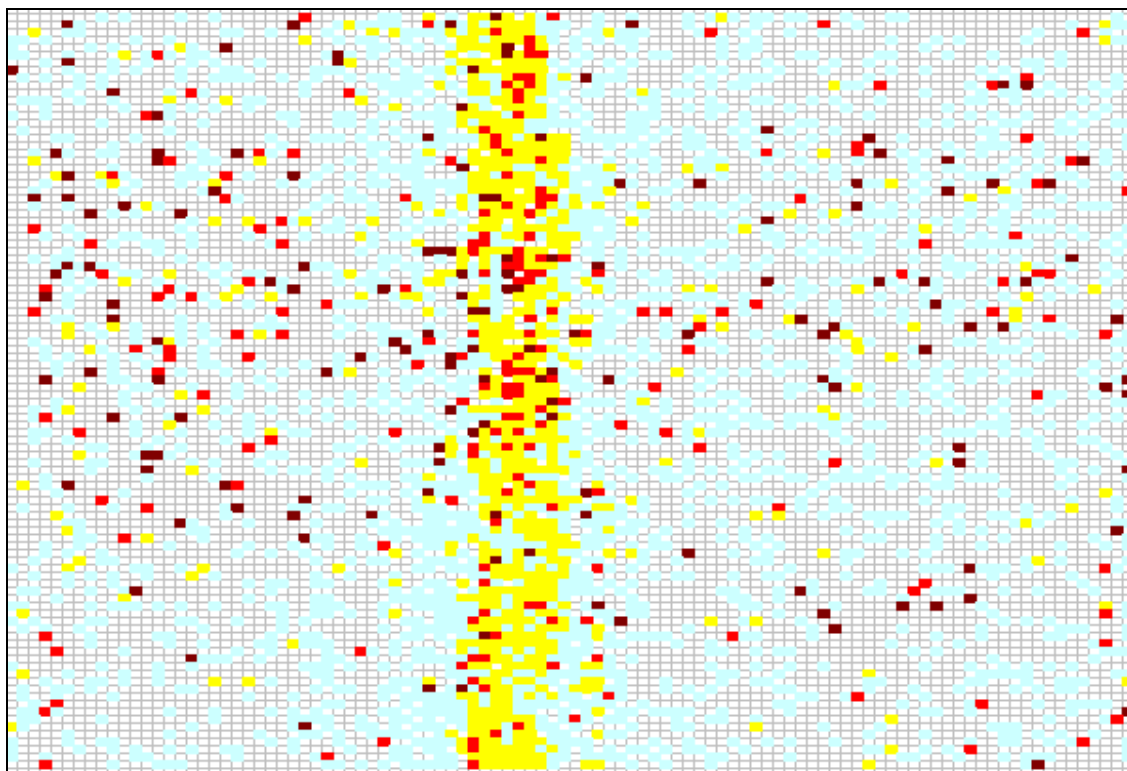


Figura 31 – Mapeamento CSCAN ímpar - Espécime T04 – L=990 mm

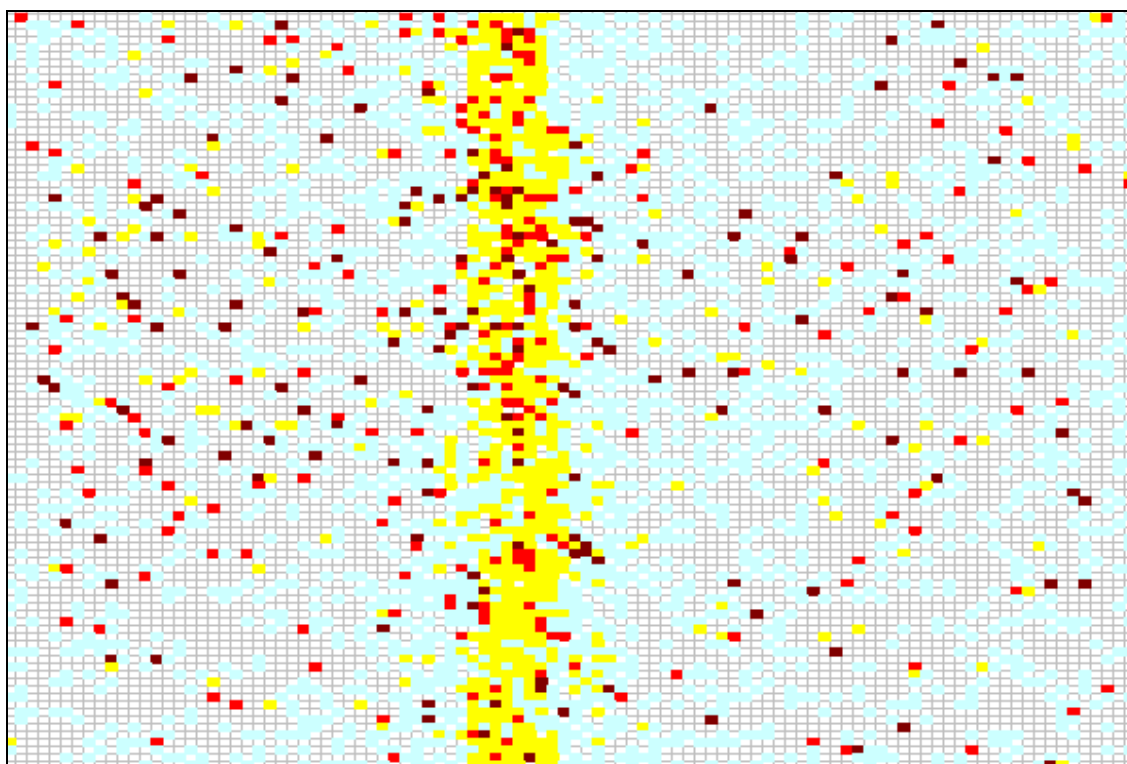


Figura 32 – Mapeamento CSCAN par - Espécime T04 – L=990 mm

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD
42	617	612	604	623	626	632	621	603	611	532	617	538	548	588	605	637	601	614	603	603	618	623	532	600	
43	607	535	600	533	612	600	622	612	613	600	604	600	526	564	588	623	628	531	533	601	622	675	615	663	600
44	600	600	613	624	611	605	605	621	605	537	584	613	518	563	541	578	532	600	618	614	613	603	625	622	603
45	602	538	601	600	603	602	612	615	613	538	578	600	603	563	562	538	574	635	617	626	603	626	538	622	532
46	634	533	600	536	605	642	600	607	618	607	537	535	600	533	538	600	613	656	613	532	535	600	618	532	532
47	623	613	620	615	638	613	620	606	600	600	600	605	587	483	553	612	583	537	532	618	613	614	617	583	603
48	618	605	531	614	628	600	613	620	616	536	582	603	436	586	578	587	533	613	606	605	603	600	622	534	603
49	600	534	624	534	536	617	614	601	601	604	534	582	527	587	581	582	532	535	615	606	612	615	626	618	537
50	643	603	611	621	613	622	638	600	676	614	535	535	573	584	532	562	600	538	624	622	622	600	601	638	606
51	617	618	600	602	622	603	622	620	618	603	600	583	572	533	533	534	532	600	600	584	648	612	628	616	532
52	614	537	612	602	615	601	638	613	600	537	537	578	561	483	573	603	602	578	600	604	628	612	615	603	536
53	603	537	607	601	601	632	613	532	600	604	537	613	583	567	553	611	582	587	532	615	622	614	602	614	614
54	606	604	533	538	606	636	600	601	586	602	648	582	538	557	558	573	572	532	604	614	615	603	638	618	615
55	628	618	606	602	606	537	622	537	583	538	534	587	558	536	528	587	603	537	625	602	603	606	603	622	600
56	613	586	600	613	641	613	616	533	584	576	583	555	553	583	588	576	582	584	618	535	604	635	603	603	600
57	613	615	533	606	628	604	621	600	602	602	603	537	563	565	541	531	568	533	581	532	600	613	606	607	614
58	605	538	613	600	538	621	603	615	600	587	587	568	565	582	558	563	602	607	534	602	600	538	614	538	600
59	606	613	617	612	603	618	625	612	606	536	618	617	518	602	613	562	584	615	606	612	605	603	603	536	600
60	638	646	625	624	666	606	603	537	533	535	535	581	543	538	433	562	603	607	603	611	612	628	608	622	600
61	613	608	638	618	617	623	531	606	586	606	534	568	582	522	584	558	615	628	627	613	605	606	614	612	
62	615	617	600	623	611	646	613	605	625	536	573	588	533	574	536	567	628	532	615	624	618	587	574	535	614
63	625	628	601	611	633	607	613	606	622	601	618	607	538	578	532	535	617	606	600	635	618	605	603	555	534
64	622	628	613	615	625	648	626	606	622	600	603	587	584	603	526	563	575	587	626	602	613	615	600	600	537
65	614	613	537	611	618	622	600	618	607	618	533	538	566	568	532	571	531	588	605	625	614	537	614	614	531
66	638	626	638	615	613	603	627	617	583	533	603	606	542	578	514	546	578	588	600	603	600	584	628	534	601
67	617	643	614	614	635	600	621	537	532	611	604	576	600	512	547	537	561	588	586	603	604	532	587	588	582
68	625	604	603	637	533	603	614	600	602	538	584	606	556	575	535	548	603	583	532	600	532	581	603	588	532
69	625	604	625	600	613	618	601	621	606	573	535	608	483	548	541	544	583	584	585	617	583	535	585	578	581
70	614	537	618	576	606	535	538	537	534	604	535	582	578	527	523	575	585	600	582	568	538	576	582	588	588
71	604	603	600	587	532	642	603	612	618	588	536	588	578	552	528	622	562	584	584	583	576	574	532	574	578
72	583	606	584	580	615	614	606	601	532	573	562	532	567	581	587	584	553	571	582	588	581	532	581	588	
73	535	538	576	603	535	532	584	533	586	578	584	538	544	561	600	554	575	573	588	563	574	587	586	581	577
74	583	578	605	587	607	603	536	582	582	578	600	588	548	557	568	543	574	578	573	578	573	578	531	584	584
75	588	578	584	583	624	638	628	647	583	533	604	585	572	571	551	535	563	575	581	578	578	578	576	563	574
76	603	628	603	532	602	534	577	584	574	588	578	622	548	600	568	584	600	577	532	583	578	574	572	578	
77	622	616	616	538	603	617	612	537	600	601	535	538	581	566	518	563	532	576	576	535	586	588	581	578	600
78	613	626	607	611	618	622	600	634	600	533	574	604	574	564	483	574	588	578	577	601	537	600	611	628	603
79	632	607	615	614	618	613	604	607	538	601	571	567	535	562	600	582	535	583	588	606	584	584	587	583	532
80	625	536	616	621	612	614	622	582	600	582	574	553	582	543	437	628	578	532	584	576	577	532	588	572	588
81	662	603	600	534	617	614	652	614	536	565	678	566	588	588	486	647	577	573	575	582	581	532	611	573	537
82	631	614	611	583	624	600	606	606	588	583	536	581	572	588	545	568	558	577	605	588	578	534	581	584	602
83	628	600	611	536	614	615	628	614	602	538	531	538	535	553	438	566	548	532	606	602	600	538	603	607	538
84	605	600	614	603	612	626	600	538	535	577	571	568	536	557	551	625	575	535	535	535	586	533	600	573	600
85	613	621	628	618	614	628	613	611	606	601	588	575	578	573	600	632	561	588	536	537	583	584	532	602	622
86	636	616	605	600	607	532	614	531	535	538	588	572	533	561	522	578	552	583	577	536	531	536	584	531	603
87	614	628	536	600	600	604	583	604	563	563	573	584	574	557	513	565	578	582	538	532	563	584	606	625	606
88	613	613	605	614	621	600	538	573	572	584	588	586	568	562	600	575	551	583	535	607	532	538	604	601	
89	612	603	621	600	600	613	538	588	584	532	588	554	571	578	600	556	578	578	578	604	574	588	588	606	622
90	617	628	614	621	625	538	603	617	588	582	578	574	562	557	544	571	573	578	574	538	565	627	608	604	601
91	624	613	628	612	616	623	603	538	584	577	534	572	547	551	474	564	564	628	573	652	576	600	535	587	532
92	638	633	600	606	600	628	618	611	588	604	581	542	524	483	551	548	627	573	578	581	532	588	604	614	
93	623	600	623	616	600	603	614	538	585	575	586	578	571	522	531	561	565	564	584	576	577	535	606	531	532
94	622	621	638	601	613	622	605	537	587	585	563	557	488	535	565	553	611	574	578	585	538	532	535	532	535
95	625	606	618	600	613	611	626	618	614	538	600	574	552	533	538	618	561	578	578	648	582	536	537	533	535
96	638	617	600	604	613	622	616	613	534	535	536	584	533	544	523	568	564	534	532	581	618	606	612	605	538
97	613	625	612	617	626	612	538	536	601	678	577	581	562	458	623	567	543	576	588	581	658	588	583	585	606
98	648	600	606	606	538	612	614	614	600	532	604	568	543	527	483	538	565	573	578	613	582	600	531	533	606
99	638	614	536	605	611	622	622	600	600	532															

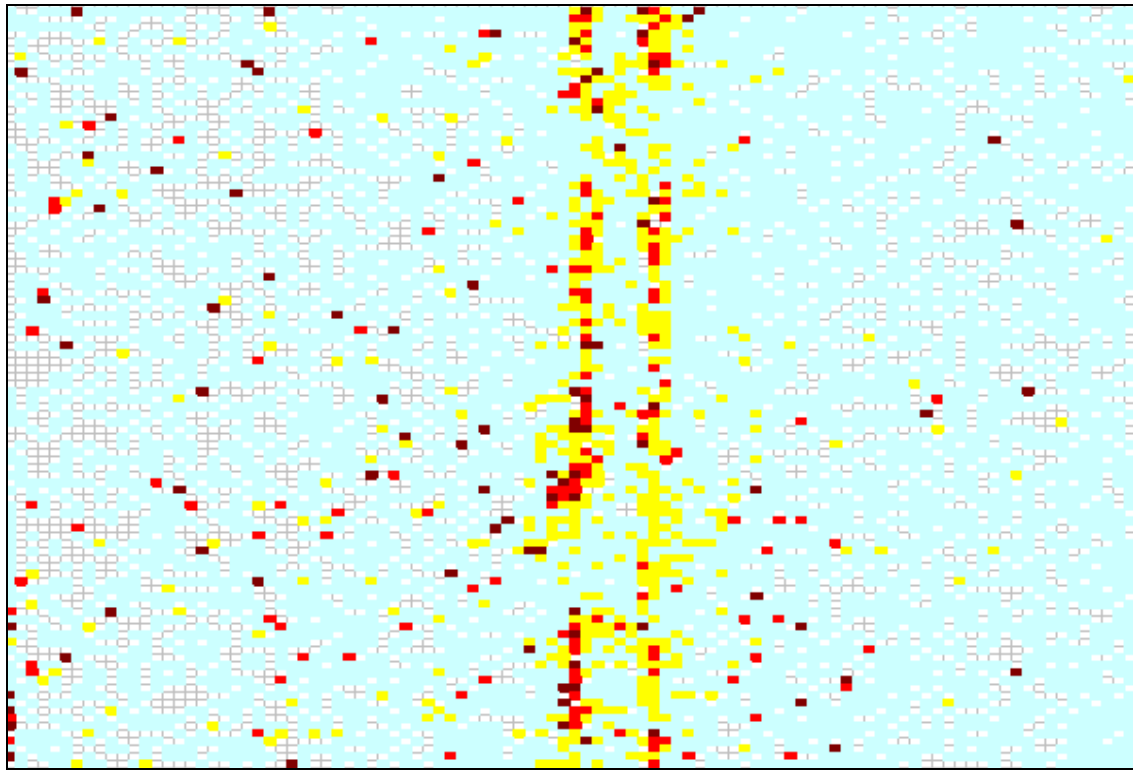


Figura 34 – Mapeamento CSCAN ímpar - Espécime T05 – L=990 mm

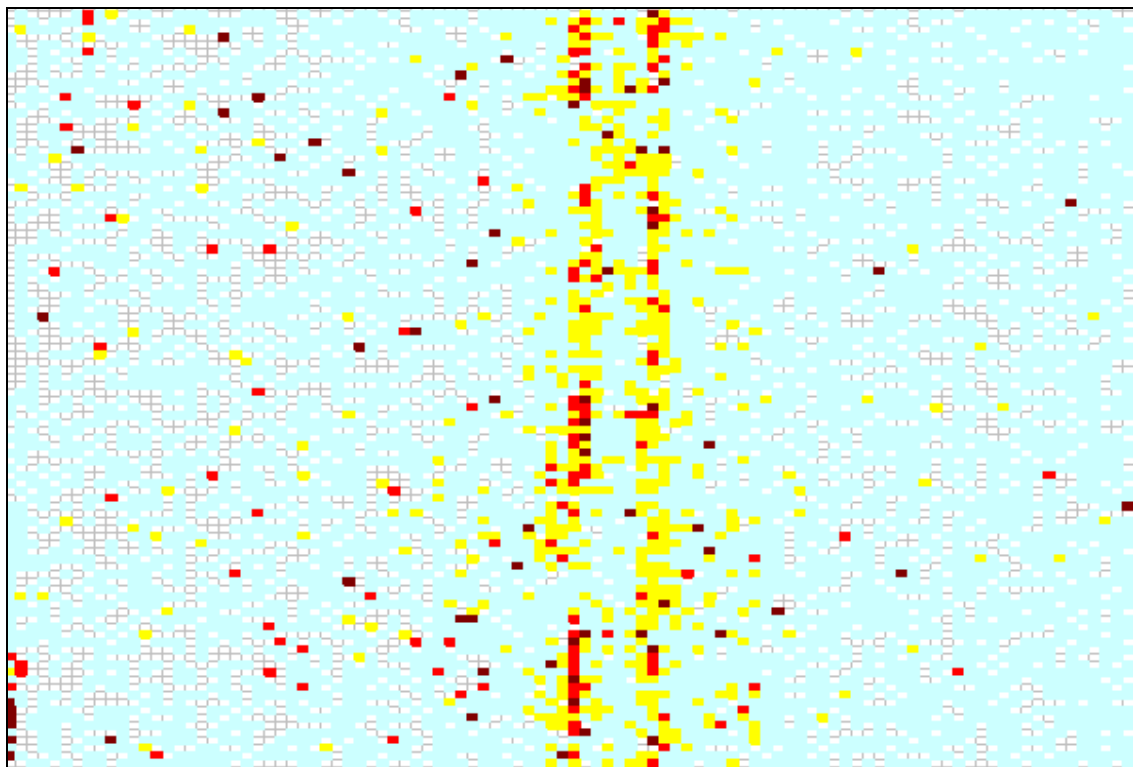


Figura 35 – Mapeamento CSCAN par - Espécime T05 – L=990 mm

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
67	628	645	634	533	538	600	600	613	584	533	618	618	567	558	547	572	583	566	588	682	538	613	611	628	537
68	645	681	536	584	533	532	533	611	581	531	636	536	578	557	544	558	571	567	587	688	583	618	684	628	611
69	645	686	617	683	688	581	581	533	581	581	686	536	567	531	562	438	572	556	686	587	615	538	584	624	688
70	538	537	648	535	578	583	684	686	633	686	533	634	623	577	662	644	533	566	538	588	583	688	584	623	688
71	638	536	681	532	583	576	532	611	625	615	652	588	641	662	563	546	584	585	587	575	587	584	583	531	642
72	538	532	684	617	682	577	583	682	638	623	536	648	686	535	572	532	571	565	622	588	576	587	537	531	664
73	681	618	641	536	538	588	681	651	632	684	686	567	565	563	536	643	657	668	533	533	614	688	626	614	
74	585	688	686	537	588	563	538	614	686	583	686	537	652	568	633	545	577	585	678	653	532	641	684	652	621
75	687	682	684	538	628	575	583	584	678	618	531	582	583	578	628	586	638	578	615	535	686	638	687	623	625
76	632	614	615	688	613	588	583	687	585	628	682	614	642	563	543	588	556	588	617	576	584	535	618	532	611
77	645	625	628	633	583	578	584	613	577	533	533	575	565	558	634	523	541	553	533	648	682	584	613	537	628
78	618	614	611	536	538	587	583	687	577	583	688	683	532	563	578	435	644	527	538	588	553	588	582	537	585
79	583	688	558	535	538	615	588	575	575	682	613	553	677	433	623	587	528	682	637	685	584	686	655	588	585
80	681	615	614	613	535	583	683	535	574	688	536	577	537	565	438	636	656	615	684	573	625	573	535	533	686
81	688	684	535	588	563	641	535	587	533	585	582	534	537	615	546	535	545	577	588	538	682	556	552	586	686
82	688	686	534	588	578	537	577	683	645	685	586	588	558	548	433	584	557	575	535	584	682	588	684	553	588
83	535	686	686	538	537	584	688	687	688	585	584	533	548	433	557	518	587	578	644	561	586	587	588	568	588
84	537	685	688	586	583	536	585	587	573	633	686	563	517	577	543	534	516	543	565	638	613	671	688	613	532
85	588	538	585	686	613	688	585	534	584	575	573	567	648	534	516	488	533	533	554	583	587	681	537	638	644
86	535	683	532	538	584	682	587	534	538	588	611	554	532	537	538	515	544	537	576	578	644	628	614	666	682
87	622	688	682	533	531	582	538	576	582	577	623	524	558	523	588	511	618	666	583	687	687	618	686	585	535
88	533	683	532	584	533	682	538	583	578	588	575	553	686	528	545	523	556	576	623	687	535	584	578	531	683
89	623	683	535	577	581	685	533	575	567	556	555	523	588	587	575	511	566	644	575	618	623	584	578	613	583
90	681	584	538	583	534	535	681	564	573	577	568	638	522	611	623	551	628	588	558	583	538	584	666	581	616
91	688	688	627	628	535	537	628	578	576	576	625	555	538	648	568	535	621	554	624	533	618	686	587	611	615
92	624	635	618	685	681	534	583	533	573	571	584	538	516	568	584	546	524	538	583	533	688	641	622	615	622
93	624	618	615	611	688	686	645	684	566	573	568	535	586	528	483	438	513	633	538	572	618	537	613	688	538
94	633	538	533	686	632	538	687	535	583	646	576	582	545	613	533	522	538	533	556	618	585	566	537	618	666
95	624	624	613	614	618	625	685	663	686	623	681	533	543	526	515	514	533	535	545	538	634	535	632	683	532
96	621	534	584	682	538	685	686	615	625	535	538	537	538	528	548	548	523	533	575	633	583	583	688	628	536
97	616	628	683	537	623	683	612	535	535	537	688	685	538	548	684	577	513	556	615	658	583	577	578	613	582
98	538	614	645	685	622	586	538	584	565	584	571	538	548	535	578	532	578	574	658	588	578	616	622	628	611
99	684	533	617	686	582	535	535	574	668	588	527	615	544	538	551	588	678	554	532	538	628	531	663	533	535
100	688	618	535	612	634	688	536	586	574	683	588	527	521	553	534	515	586	557	658	581	626	581	536	536	535
101	682	614	684	537	688	686	622	684	532	576	576	648	544	623	631	535	641	583	522	586	686	614	577	665	665
102	658	688	615	614	538	688	588	626	573	628	552	686	613	623	574	663	638	611	647	536	588	682	612	537	665
103	537	684	682	686	615	683	614	537	681	571	533	547	658	552	685	521	537	567	686	578	614	682	576	687	683
104	536	538	533	688	535	617	584	618	588	536	578	686	568	558	532	678	563	538	668	681	532	583	578	538	538
105	581	538	532	537	587	583	587	584	581	584	663	643	537	578	545	554	535	586	583	684	531	653	535	682	532
106	538	586	587	538	532	537	686	535	588	567	622	578	531	585	576	538	574	551	588	532	533	638	616	537	538
107	588	532	683	534	614	682	533	588	688	583	588	576	533	586	528	556	568	626	643	587	588	681	684	588	588
108	583	618	685	688	683	538	534	681	681	618	578	686	574	548	543	554	564	535	644	611	535	682	683	577	665
109	532	613	537	613	688	683	625	537	688	533	573	564	581	532	528	555	632	573	576	538	586	611	618	652	688
110	537	613	683	622	625	682	626	683	537	563	538	536	567	685	633	526	638	658	585	584	538	537	613	688	681
111	622	533	616	648	634	532	686	534	584	632	567	536	618	552	535	584	568	588	577	532	683	638	537	638	683
112	533	577	535	584	587	532	537	616	534	618	688	633	535	576	688	567	558	586	576	625	684	538	614	632	538
113	538	538	583	537	686	532	683	587	618	688	686	537	685	583	578	555	571	583	582	538	682	681	687	688	622
114	615	688	534	614	576	532	613	682	578	618	687	585	536	531	538	573	568	572	534	638	618	618	687	611	623
115	614	681	535	538	538	685	538	588	615	538	587	577	688	558	557	573	577	585	567	575	688	682	623	686	648
116	624	688	686	532	688	533	628	621	683	686	567	588	558	555	532	578	588	578	582	576	618	585	621	686	616
117	617	685	588	537	533	538	534	618	624	533	682	688	688	576	535	543	534	624	586	576	621	583	617	682	614
118	531	537	611	587	583	584	681	573	585	625	535	558	536	566	553	538	584	578	643	578	588	684	622	538	614
119	532	587	536	583	533	532	686	611	683	628	628	533	533	568	588	533	641	688	623	582	584	533	624	627	683
120	535	537	538	587	686	583	616	682	583	688	618	682	626	571	567	633	572	684	535	577	686	683	611	631	683
121	588	588	532	685	538	535	686	587	533	537	682	616	582	565	682	562	583	531	635	636	621	533	618	581	614
122	532	683	682	626	681	663	653	618	687	538	584	538	582	537	568	656	571	585	628	632	532	535	685	613	618
123	584	682	685	615	612	533	581	535	684	681	583	618	565	547	568	578	568	628	653	634	613	658	626	614	664
124	686	625	533	537	6																				

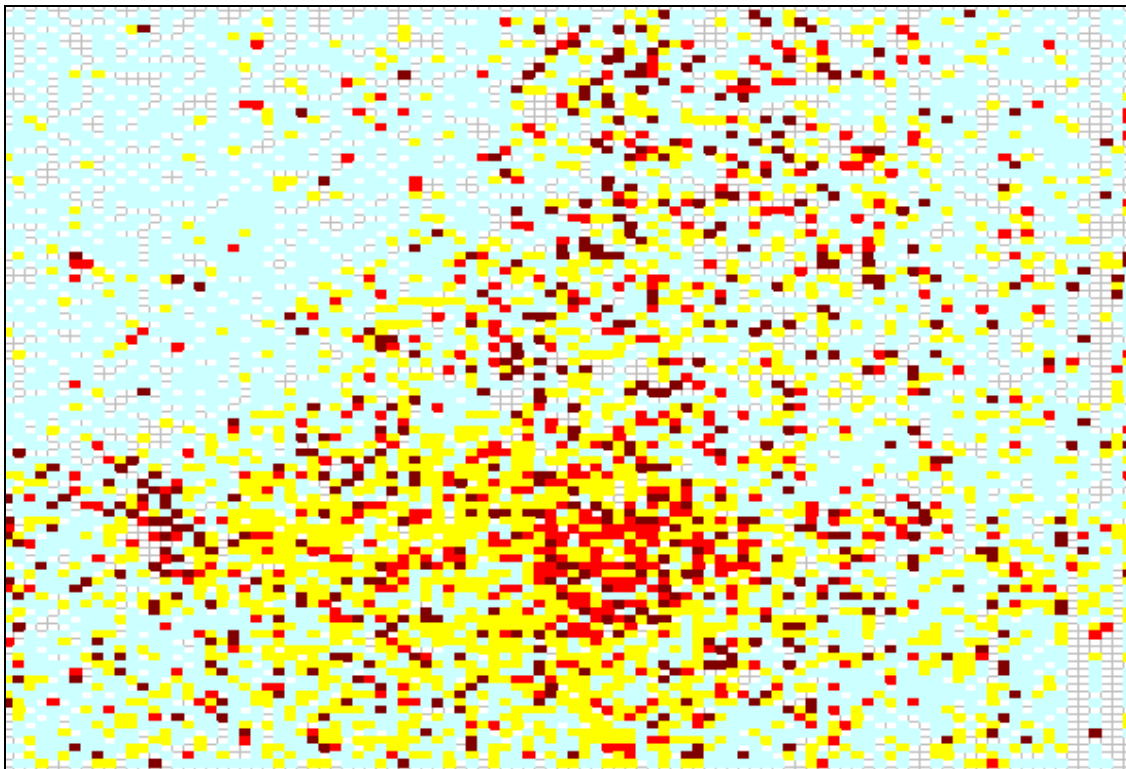


Figura 37 – Mapeamento CSCAN ímpar - Espécime T06 – L=990 mm

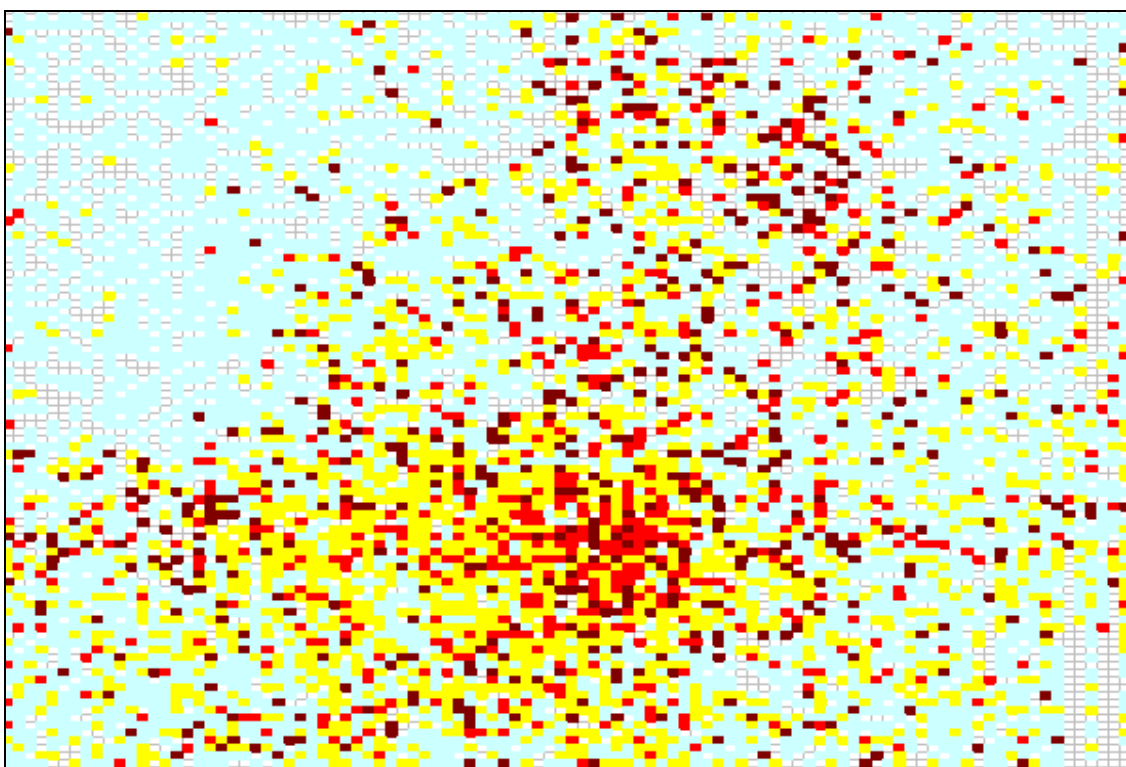


Figura 38 – Mapeamento CSCAN par - Espécime T06 – L=990 mm

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	Ext. B	V	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD
87	663	538	536	602	532	618	535	601	603	537	535	584	600	568	558	529	553	532	603	618	614	573	606	548	535
88	603	600	603	601	604	574	618	537	601	537	535	545	566	572	534	562	516	578	538	628	538	588	601	642	615
89	600	600	603	603	538	535	605	538	538	588	605	538	579	548	551	558	568	563	576	605	606	606	565	567	600
90	601	581	611	583	534	535	538	578	576	606	578	578	605	531	578	488	537	584	602	613	585	537	584	612	600
91	585	533	535	588	611	588	587	606	585	618	538	533	606	556	554	545	493	600	538	538	586	587	584	600	600
92	611	538	538	602	573	581	534	538	535	606	538	573	588	584	528	488	545	562	603	611	603	606	532	606	600
93	611	533	533	583	603	588	612	600	534	532	606	601	605	572	573	566	558	578	567	578	583	534	537	537	612
94	534	600	538	533	618	601	604	533	601	618	537	606	536	548	543	551	532	565	583	606	602	600	582	602	600
95	531	605	537	587	628	537	537	603	538	616	537	616	535	582	628	543	524	535	573	534	533	538	602	585	538
96	532	615	583	581	537	534	601	535	600	600	535	538	532	588	563	533	571	548	538	537	603	532	587	587	614
97	611	535	537	537	538	603	533	538	600	533	588	602	616	588	567	632	548	535	600	602	611	532	600	600	600
98	616	533	588	602	537	588	537	531	588	552	535	576	573	606	552	545	612	587	565	600	533	573	587	537	600
99	622	603	606	600	600	585	572	588	603	532	603	574	535	553	565	615	557	551	588	573	533	603	578	534	583
100	611	538	538	536	534	600	537	538	588	533	538	531	578	573	573	566	538	572	588	576	535	582	535	600	537
101	538	611	602	603	606	602	607	601	556	581	532	584	611	587	551	538	553	678	532	534	618	603	603	535	538
102	582	573	618	532	538	612	611	606	565	605	562	600	562	567	573	543	574	582	565	533	588	584	603	585	587
103	538	538	537	535	535	603	605	601	602	577	602	614	602	532	563	568	562	600	531	618	615	600	584	601	538
104	532	533	604	588	533	545	536	584	535	538	576	537	600	588	585	538	538	588	603	605	604	573	584	662	573
105	537	588	587	578	606	604	600	532	584	603	534	578	602	584	574	552	573	588	533	584	533	618	537	534	532
106	548	538	574	563	538	606	576	587	532	600	587	533	532	582	492	548	552	524	572	535	535	535	535	588	602
107	537	537	537	582	533	603	533	602	588	562	534	535	605	576	568	548	561	573	622	606	605	588	537	581	537
108	600	578	538	585	532	573	600	602	575	600	533	532	531	573	582	557	573	574	583	583	618	532	538	533	533
109	585	533	538	583	600	606	535	533	575	584	533	531	535	575	535	563	537	514	538	535	585	533	587	533	533
110	600	600	618	533	604	603	535	534	552	587	588	537	588	554	524	552	545	578	588	606	600	584	606	562	581
111	618	532	603	538	537	611	603	533	533	537	585	585	583	576	488	554	432	567	581	532	606	535	588	600	538
112	537	614	603	603	583	533	606	584	537	583	534	537	581	576	551	518	524	588	588	588	533	538	584	605	605
113	534	615	618	587	587	663	532	581	587	536	578	584	572	538	515	584	531	561	573	535	588	602	604	538	538
114	662	618	537	538	604	534	534	538	538	578	578	581	588	642	529	544	535	573	535	588	587	576	538	600	600
115	532	628	615	535	603	532	535	584	588	583	648	588	578	548	546	528	557	572	588	581	615	535	600	603	602
116	532	533	612	577	572	587	538	588	577	538	581	601	588	538	538	488	548	467	588	604	618	532	532	605	537
117	531	602	601	538	644	600	583	537	572	576	581	531	584	614	481	531	536	568	578	538	588	537	588	538	538
118	537	611	600	576	576	537	532	584	533	588	581	627	613	483	538	488	538	531	578	584	533	532	576	602	603
119	534	602	533	533	576	533	584	532	602	582	573	584	572	567	486	432	548	568	588	588	582	601	576	584	583
120	536	572	583	615	588	533	533	534	576	567	675	545	577	562	538	518	538	555	577	576	536	537	537	537	614
121	538	534	562	533	588	532	531	603	587	583	586	582	555	578	526	481	578	553	538	578	576	533	535	585	604
122	573	600	538	618	584	538	602	584	588	553	572	577	547	558	488	477	524	564	538	538	606	604	537	532	612
123	583	606	533	603	603	583	538	533	582	568	563	562	573	571	554	487	438	573	574	533	535	615	618	588	611
124	618	538	612	587	588	538	583	603	534	533	578	538	576	553	548	588	438	538	606	603	534	532	600	622	533
125	533	600	603	603	535	538	532	583	533	581	563	538	584	575	483	535	483	577	532	532	605	600	583	613	533
126	600	600	606	538	603	538	604	601	538	538	586	534	584	578	555	541	488	575	571	535	536	585	532	532	532
127	600	600	533	628	603	618	538	602	532	538	574	538	573	575	526	546	528	588	581	535	561	537	606	607	533
128	532	602	584	532	611	606	583	603	587	532	603	576	574	575	526	546	588	582	584	584	538	601	588	537	614
129	583	588	534	576	532	600	606	533	586	536	538	583	584	562	481	487	547	553	584	611	538	583	588	588	537
130	622	606	604	600	536	537	603	538	604	535	573	583	600	578	553	587	582	558	602	562	537	583	538	605	585
131	615	615	584	587	537	535	587	573	583	583	533	536	572	543	587	438	554	538	604	603	574	586	606	535	581
132	618	604	536	537	532	603	617	605	665	533	586	600	532	576	525	433	524	587	582	538	587	573	533	603	603
133	602	586	533	533	537	533	586	585	536	534	584	583	603	588	546	587	517	573	588	584	574	535	535	537	603
134	602	615	538	583	584	603	532	533	518	483	577	577	584	588	587	584	538	600	600	600	532	537	602	602	603
135	536	600	583	538	532	603	583	588	578	571	584	584	558	512	564	515	573	583	535	535	577	582	582	588	588
136	578	612	533	538	602	585	585	587	581	586	587	538	585	563	487	512	432	574	584	588	588	602	538	582	532
137	536	600	538	535	535	585	585	584	587	588	578	584	576	562	568	617	521	517	588	574	581	536	588	602	535
138	533	602	536	603	535	600	586	581	533	578	537	584	553	561	523	526	562	583	576	534	588	601	533	585	585
139	602	535	532	602	534	533	588	584	578	576	538	534	573	571	554	532	558	556	588	585	602	538	588	532	533
140	606	600	538	603	532	623	525	588	585	668	581	578	533	535	488	523	578	587	576	574	533	583	587	533	600
141	600	600	587	532	585	583	584	588	588	565	576	584	562	565	551	513	558	545	553	583	606	533	588	625	663
142	536	602	565	535	535	532	587	582	615	600	532	600	535	576	568	558	548	584	543	601	628	618	538	536	533
143	606	587	588	603	584	588	532	587	606	604	532	600	585	574	553	431	558	587	605	584	601	534	538	532	537
144	615																								

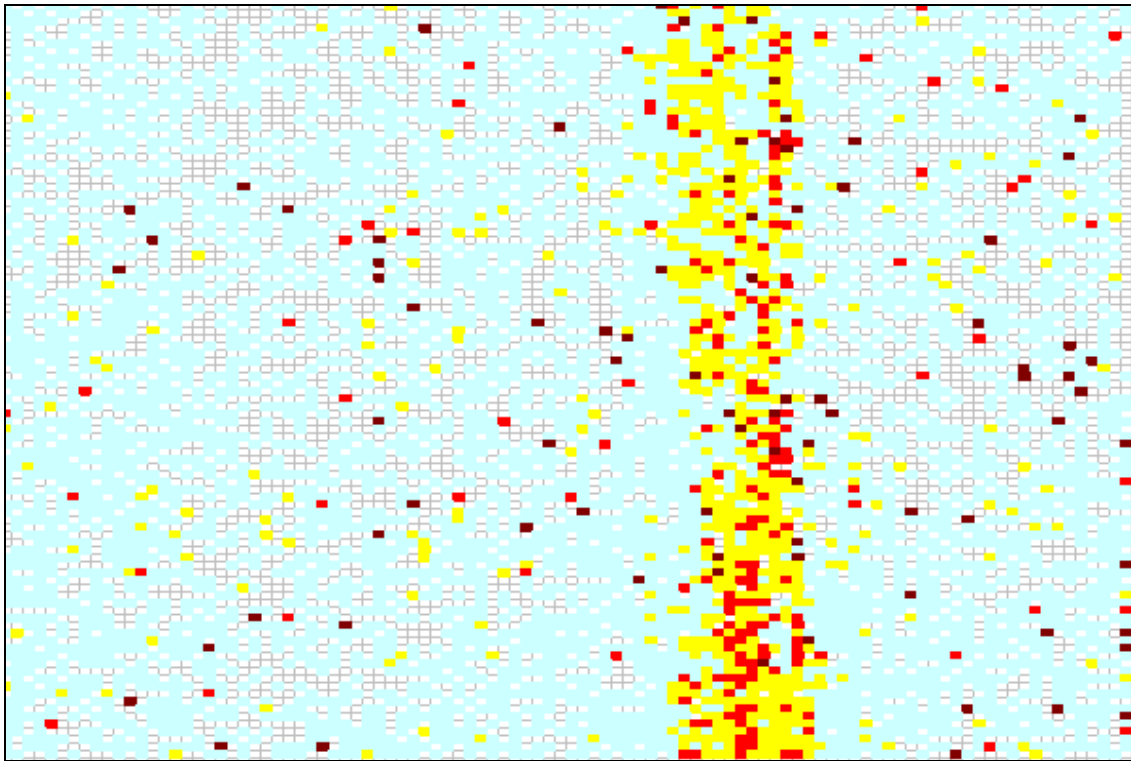


Figura 40 – Mapeamento CSCAN ímpar - Espécime T10 – L=990 mm

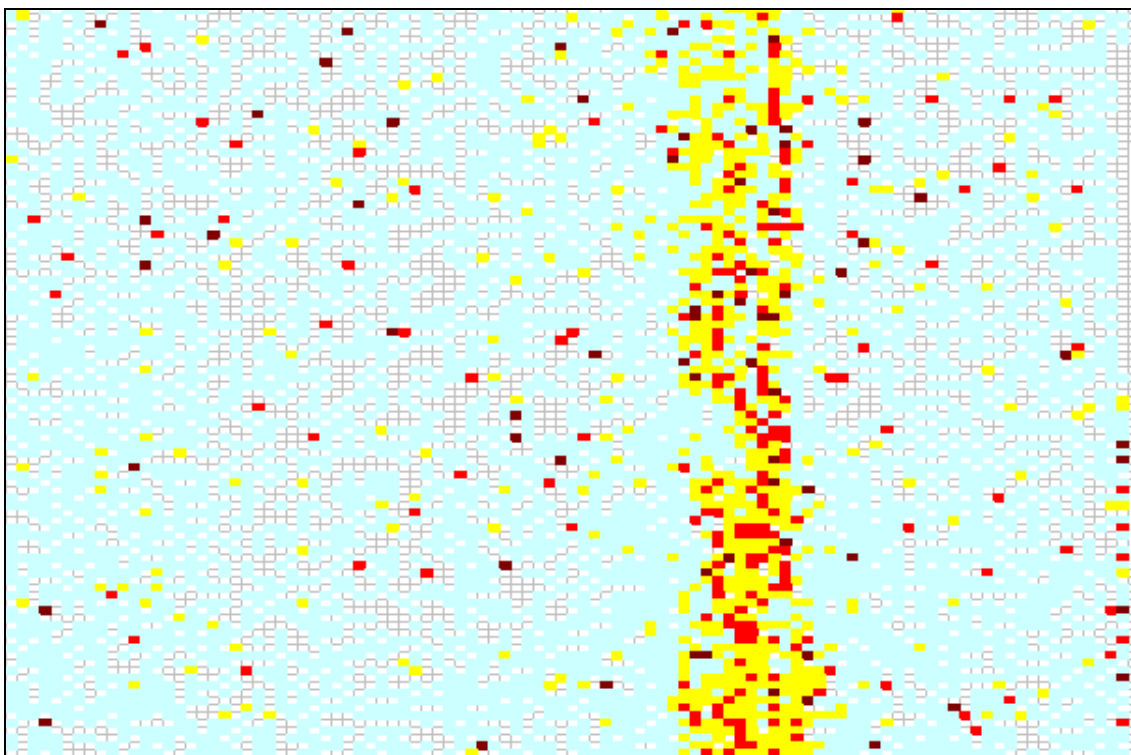


Figura 41 – Mapeamento CSCAN par - Espécime T10 – L=990 mm

Apêndice D - valores de P_{rup} e $P_{rup'}$, perfis river bottom e geratriz de ruptura

Tabela 20 – P_{rup} (kgf/cm²) para Espécime T02, perfis river bottom e geratriz de ruptura

Perfil River Bottom, σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 02 MM(100,20)	68,3	81,4	105,4	90,3	123,8	119,0	123,3
T 02 MM(50,20)	70,1	84,5	110,0	90,3	123,8	119,8	123,7
T 02 CSCAN (100,10, i)	54,9	70,6	87,3	80,8	110,8	109,0	108,8
T 02 CSCAN (100,10, p)	58,9	74,3	93,4	81,9	112,3	109,8	109,8
Perfil Geratriz de Ruptura σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 02 MM(100,20)	68,3	81,4	105,4	93,7	128,5	126,7	130,5
T 02 MM(50,20)	71,0	85,2	111,2	94,7	129,8	127,5	130,2
T 02 CSCAN (100,10, i)	61,3	76,4	97,0	87,5	120,0	117,3	118,1
T 02 CSCAN (100,10, p)	61,3	76,4	97,0	88,3	121,1	119,2	119,0

Tabela 21 – P_{rup} (kgf/cm²) para Espécime T04, perfis river bottom e geratriz de ruptura

Perfil River Bottom, σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 04 MM(100,20)	69,3	82,5	98,6	91,9	116,7	115,9	116,3
T 04 MM(50,20)	69,3	83,9	100,3	92,8	117,8	116,7	116,0
T 04 CSCAN(100,10, i)	51,6	67,9	76,1	85,6	108,7	104,4	108,1
T 04 CSCAN(100,10, p)	51,6	67,9	76,1	85,1	108,0	104,7	106,7
Perfil Geratriz de Ruptura σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 04 MM(100,20)	69,3	82,5	98,6	95,0	120,6	119,8	120,3
T 04 MM(50,20)	69,3	83,9	100,3	96,5	122,5	120,7	120,7
T 04 CSCAN(100,10, i)	57,2	73,0	83,8	92,5	117,4	115,0	118,0
T 04 CSCAN(100,10, p)	51,6	67,9	76,1	89,5	113,6	111,1	112,9

Tabela 22 – P_{rup} (kgf/cm²) para Espécime T05, perfis river bottom e geratriz de ruptura

Perfil River Bottom, σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 05 MM(100,20)	53,7	67,1	75,8	78,6	95,1	94,6	96,5
T 05 MM(50,20)	55,8	70,2	80,1	81,0	98,0	96,6	97,1
T 05 CSCAN (100,10, i)	46,6	61,5	67,6	73,9	89,4	87,2	87,9
T 05 CSCAN (100,10, p)	45,3	60,3	65,9	74,3	89,9	87,7	88,4
Perfil Geratriz de Ruptura σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 05 MM(100,20)	62,9	75,8	88,4	87,9	106,4	105,0	107,6
T 05 MM(50,20)	62,9	76,8	89,7	88,3	106,9	105,6	107,8
T 05 CSCAN (100,10, i)	47,0	61,9	68,2	78,3	94,8	91,9	94,3
T 05 CSCAN (100,10, p)	45,3	60,3	65,9	79,8	96,6	94,3	95,1

Tabela 23– P_{rup} (kgf/cm²) para Espécime T06, perfis river bottom e geratriz de ruptura

Perfil River Bottom, σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 06 MM(100,20)	54,8	69,3	66,3	95,1	102,1	99,9	106,4
T 06 MM(50,20)	70,4	85,0	86,1	95,1	102,1	100,3	106,4
T 06 CSCAN(100,10, i)	56,9	72,7	70,4	74,1	79,5	77,6	77,7
T 06 CSCAN(100,10, p)	56,9	72,7	70,4	75,0	80,5	78,9	78,8
Perfil Geratriz de Ruptura σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 06 MM(100,20)	79,3	91,8	95,0	101,8	109,3	108,5	114,5
T 06 MM(50,20)	79,3	92,9	96,3	101,8	109,3	108,7	113,3
T 06 CSCAN(100,10, i)	57,7	73,5	71,5	86,6	93,0	90,3	91,9
T 06 CSCAN(100,10, p)	56,9	72,7	70,4	85,1	91,4	89,7	91,0

Tabela 24 – P_{rup} (kgf/cm²) para Espécime T10, perfis river bottom e geratriz de ruptura

Perfil River Bottom, σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 10 MM(100,20)	66,8	80,4	96,6	94,2	121,7	118,7	123,9
T 10 MM(50,20)	73,1	87,4	107,1	94,2	121,7	118,7	121,7
T 10 CSCAN (100,10, i)	58,4	74,3	86,9	89,9	116,2	114,7	113,9
T 10 CSCAN (100,10, p)	57,6	73,4	85,7	89,1	115,1	113,0	113,1
Perfil Geratriz de Ruptura σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 10 MM(100,20)	76,1	88,8	109,6	98,0	126,6	124,9	131,4
T 10 MM(50,20)	76,1	90,1	111,3	98,0	126,6	124,7	128,1
T 10 CSCAN (100,10, i)	62,7	78,1	92,9	93,4	120,7	119,9	118,7
T 10 CSCAN (100,10, p)	57,6	73,4	85,5	93,0	120,2	119,0	118,3

Tabela 25– P_{rup} para Espécime T02, perfis river bottom e geratriz de ruptura

Perfil River Bottom, σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 02 MM(100,20)	0,51	0,61	0,79	0,68	0,93	0,89	0,93
T 02 MM(50,20)	0,53	0,64	0,83	0,68	0,93	0,90	0,93
T 02 CSCAN (100,10, i)	0,41	0,53	0,66	0,61	0,83	0,82	0,82
T 02 CSCAN (100,10, p)	0,44	0,56	0,70	0,62	0,84	0,83	0,83
Perfil Geratriz de Ruptura σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 02 MM(100,20)	0,51	0,61	0,79	0,70	0,97	0,95	0,98
T 02 MM(50,20)	0,53	0,64	0,84	0,71	0,98	0,96	0,98
T 02 CSCAN (100,10, i)	0,46	0,57	0,73	0,66	0,90	0,88	0,89
T 02 CSCAN (100,10, p)	0,46	0,57	0,73	0,66	0,91	0,90	0,89

Tabela 26– P_{rup} para Espécime T04, perfis river bottom e geratriz de ruptura

Perfil River Bottom, σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow}=\sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow}=\sigma_u$)
T 04 MM(100,20)	0,56	0,67	0,80	0,75	0,95	0,94	0,95
T 04 MM(50,20)	0,56	0,68	0,82	0,75	0,96	0,95	0,94
T 04 CSCAN(100,10, i)	0,42	0,55	0,62	0,70	0,88	0,85	0,88
T 04 CSCAN(100,10, p)	0,42	0,55	0,62	0,69	0,88	0,85	0,87
Perfil Geratriz de Ruptura σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow}=\sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow}=\sigma_u$)
T 04 MM(100,20)	0,56	0,67	0,80	0,77	0,98	0,97	0,98
T 04 MM(50,20)	0,56	0,68	0,82	0,78	0,99	0,98	0,98
T 04 CSCAN(100,10, i)	0,47	0,59	0,68	0,75	0,95	0,94	0,96
T 04 CSCAN(100,10, p)	0,42	0,55	0,62	0,73	0,92	0,90	0,92

Tabela 27– P_{rup} para Espécime T05, perfis river bottom e geratriz de ruptura

Perfil River Bottom, σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow}=\sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow}=\sigma_u$)
T 05 MM(100,20)	0,52	0,65	0,73	0,76	0,92	0,92	0,93
T 05 MM(50,20)	0,54	0,68	0,78	0,78	0,95	0,94	0,94
T 05 CSCAN (100,10, i)	0,45	0,60	0,65	0,72	0,87	0,84	0,85
T 05 CSCAN (100,10, p)	0,44	0,58	0,64	0,72	0,87	0,85	0,86
Perfil Geratriz de Ruptura σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow}=\sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow}=\sigma_u$)
T 05 MM(100,20)	0,61	0,73	0,86	0,85	1,03	1,02	1,04
T 05 MM(50,20)	0,61	0,74	0,87	0,85	1,03	1,02	1,04
T 05 CSCAN (100,10, i)	0,45	0,60	0,66	0,76	0,92	0,89	0,91
T 05 CSCAN (100,10, p)	0,44	0,58	0,64	0,77	0,94	0,91	0,92

Tabela 28– P_{rup} para Espécime T06, perfis river bottom e geratriz de ruptura

Perfil River Bottom, σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 06 MM(100,20)	0,52	0,66	0,63	0,90	0,97	0,95	1,01
T 06 MM(50,20)	0,67	0,81	0,82	0,90	0,97	0,95	1,01
T 06 CSCAN(100,10, i)	0,54	0,69	0,67	0,70	0,75	0,74	0,74
T 06 CSCAN(100,10, p)	0,54	0,69	0,67	0,71	0,76	0,75	0,75
Perfil Geratriz de Ruptura σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 06 MM(100,20)	0,75	0,87	0,90	0,96	1,04	1,03	1,09
T 06 MM(50,20)	0,75	0,88	0,91	0,96	1,04	1,03	1,07
T 06 CSCAN(100,10, i)	0,55	0,70	0,68	0,82	0,88	0,86	0,87
T 06 CSCAN(100,10, p)	0,54	0,69	0,67	0,81	0,87	0,85	0,86

Tabela 29– P_{rup} para Espécime T10, perfis river bottom e geratriz de ruptura

Perfil River Bottom, σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 10 MM(100,20)	0,52	0,62	0,75	0,73	0,94	0,92	0,96
T 10 MM(50,20)	0,57	0,68	0,83	0,73	0,94	0,92	0,94
T 10 CSCAN (100,10, i)	0,45	0,58	0,67	0,70	0,90	0,89	0,88
T 10 CSCAN (100,10, p)	0,45	0,57	0,67	0,69	0,89	0,88	0,88
Perfil Geratriz de Ruptura σ_y e σ_u	B31G	0,85 dL	RP-F101 (isolado)	Eff. Area	Eff. Area ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)	RP-F101 (complexo)	Área Total ($\sigma_{flow} = \sigma_u$)
T 10 MM(100,20)	0,59	0,69	0,85	0,76	0,98	0,97	1,02
T 10 MM(50,20)	0,59	0,70	0,86	0,76	0,98	0,97	0,99
T 10 CSCAN (100,10, i)	0,49	0,61	0,72	0,73	0,94	0,93	0,92
T 10 CSCAN (100,10, p)	0,45	0,57	0,66	0,72	0,93	0,92	0,92

Apêndice E – Análise das pressões de ruptura

Em tubos novos sem defeito de corrosão e submetidos apenas ao carregamento de pressão, a pressão de ruptura é determinada levando em consideração as condições em que o tubo se encontra:

- Tubo com deformação longitudinal não restringida (“unconstrained pipe”) - a tensão longitudinal assume o valor zero, $\sigma_l = 0$.

Ex. Situação de um tubo aéreo.

A pressão de ruptura, considerando o critério da máxima energia de distorção (tensão equivalente de von Mises), é dada por:

$$P_{rup} = \frac{2t\sigma_u}{D}$$

- Tubo com deformação longitudinal restringida – a tensão longitudinal (σ_l) equivale à tensão circunferencial (σ_c) multiplicada pelo coeficiente de poisson do aço, $\sigma_l = \nu \sigma_c$.

Ex. Situação de um duto enterrado.

$$P_{rup} = 1,125 \frac{2t\sigma_u}{D}$$

- Tubo com a extremidade fechada (“endcaped pipe”) – A tensão longitudinal é a metade da tensão circunferencial, $\sigma_l = 0,5\sigma_c$.

Ex. Tubo com a extremidade fechada

$$P_{rup} = 1,155 \frac{2t\sigma_u}{D}$$

No caso dos tubos com defeitos de corrosão, as equações semi-empíricas que determinam a pressão de ruptura foram desenvolvidas com o objetivo de reproduzir os resultados de ensaios de laboratório de espécimes tubulares com defeitos.

Na equação do método DNV RP-F101, dentre os fatores de ajustes utilizados por Sigurdsson et al (1999) [39] para modelar a equação que estima a pressão de ruptura por elementos finitos, foi definido um fator (Y_B), que levou em consideração a deformação longitudinal existente no tubo. O fator Y_B ficou definido da seguinte forma:

- Tubo sem restrição (“unconstrained pipe”) – $Y_B = 1,0$
- Tubo com restrição (“constrained pipe”) - $Y_B = 1,08$
- Tubo com a extremidade fechada (“endcaped pipe”) – $Y_B = 1,1$

Na Recomendação Prática DNV RP-F101 [4], o fator Y_B não é citado para o cálculo da pressão de ruptura, portanto ele foi tomado como sendo a unidade, ou seja, para a situação do tubo sem restrição. Como os ensaios de laboratórios foram realizados com espécimes tubulares tamponados nas extremidades, a equação que estima a pressão de ruptura deveria ser multiplicada por 1,1. Portanto, os resultados calculados pelo método DNV RP-F101 apresentam um conservadorismo pela não aplicação deste fator.

Para os demais métodos, as equações desenvolvidas reproduzem os resultados dos ensaios de laboratório, não necessitando, portanto, de nenhum ajuste a mais.