

MELCONIAN, Marcos Vinícius. "Resultados Obtidos", p.103-108. In MELCONIAN, Marcos Vinicius. **Modelagem numérica e computacional com similitude e elementos finitos**, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2014. ISBN 978-85-8039-090-2  
<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-melconian-06>

# 6

## CAPÍTULO

# RESULTADOS OBTIDOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos com cada EPG, comparando os resultados calculados com os resultados obtidos experimentalmente por NINE (1978) e por distintas simulações computacionais.

Com a intenção de facilitar a solução da EPG obtida, um aplicativo para dispositivos móveis foi criado, sendo uma importante ferramenta facilitadora para se estimar o valor da FR dos freios, tendo em vista que se trata de um aplicativo interativo e compatível com a maior parte dos *tablets* e *smarthphones* comercializados.

## 6.1 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES COM OS DADOS EXPERIMENTAIS

Como o primeiro passo para a validação das equações obtidas, foi realizada a comparação das respostas destas, com os dados experimentais de Nine (1978). Conforme demonstra a Tabela 14.

**Tabela 14 – Validação das EPGs obtidas, com os dados experimentais**

Teste	(NINE 1978)		FP=50kN		FP=100kN	
	FP	FR	FR (EPG)	Desvio %	FR (EPG)	Desvio %
1	72	94	88	-7%	81	-14%
2	58	60	57	-5%	47	-21%
3	66	66	67	2%	57	-14%
4	56	64	58	-9%	47	-27%
5	96	114	117	3%	112	-2%
6	70	80	74	-7%	65	-18%
7	68	80	73	-8%	65	-19%
8	60	66	65	-2%	48	-27%
9	84	114	120	5%	109	-5%
10	68	78	82	5%	64	-18%
11	70	78	81	4%	60	-24%
12	84	98	107	9%	91	-7%
13	116	168	184	10%	173	3%
14	68	82	81	-1%	62	-23%
15	64	74	71	-4%	58	-21%
16	96	128	135	5%	123	-4%
17	80	100	98	-2%	99	-1%
18	116	160	179	11%	158	-2%
19	98	114	128	11%	124	9%
<b>Desvio médio</b>	-	-	-	<b>5%</b>	-	<b>13%</b>

Comparando-se os resultados obtidos por cada uma das equações, observa-se que a EPG desenvolvida com FP=50KN, apresentou maior proximidade dos valores obtidos experimentalmente, que a EPG elaborada com FP=100 kN.

A média dos valores absolutos das diferenças percentuais, para a equação elaborada com FP igual a 50 KN, foi igual a 5%, resultado muito satisfatório, quando comparado com a média obtida pela equação elaborada com FP igual a 100 kN, que foi de 13%.

Com o intuito, de se validar a equação elaborada com FP igual a 50 kN, observou-se o seu comportamento com outros testes. Foram feitas simulações de vinte casos escolhidos, para se testar as respostas fornecidas pela EPG, consi-

derando-se os respectivos limites de validade estabelecidos para cada  $\pi$ -termo. A Tabela 15 apresenta os valores atribuídos para todos os parâmetros e a Tabela 16, os resultados comparativos da EPG com os dados obtidos pelas simulações no STAMPAK®.

**Tabela 15 – Parâmetros utilizados para o teste da EPG**

Teste	t (mm)	Rd (mm)	C (mm)	n	E (MPa)	K (MPa)	Sv (MPa)	$\mu$	Rm (mm)	h (mm)	FP (kN)
1	0,76	6,50	1,04	0,23	206.000	516	171,7	0,170	6,50	10,54	50
2	0,76	4,75	0,76	0,23	206.000	520	171,7	0,170	4,75	7,70	63
3	0,81	4,75	0,76	0,26	71.000	643	192,9	0,300	5,50	11,81	75
4	0,80	5,00	0,85	0,44	110.000	530	69,0	0,050	6,00	8,00	65
5	0,76	4,74	0,76	0,23	206.000	510	170,0	0,300	4,75	7,70	75
6	0,77	4,75	0,77	0,22	210.000	516	171,7	0,180	4,75	5,00	50
7	0,78	4,75	0,78	0,17	70.000	680	40,0	0,030	4,75	7,20	40
8	0,82	5,50	0,84	0,21	97.000	585	75,0	0,100	5,00	9,00	62
9	0,76	4,75	1,25	0,23	206.000	519	171,7	0,150	4,75	7,72	50
10	0,74	5,00	0,82	0,30	207.000	545	138,0	0,120	5,00	7,00	60
11	0,79	4,90	0,79	0,18	72.000	600	45,0	0,110	6,00	8,70	60
12	0,79	4,90	0,79	0,20	170.000	510	110,0	0,110	6,00	8,70	75
13	0,76	4,75	0,76	0,23	206.000	516	255,0	0,170	4,75	7,70	100
14	0,85	5,75	0,88	0,20	71.000	640	50,0	0,180	5,50	11,80	68
15	0,85	5,75	0,88	0,25	192.000	490	150,0	0,090	5,50	11,80	72
16	0,76	4,75	1,20	0,23	206.000	520	177,0	0,180	4,75	7,70	97
17	0,90	6,70	0,92	0,17	69.000	525	95,0	0,070	5,50	10,00	54
18	0,90	6,70	0,92	0,25	210.000	510	180,0	0,150	5,50	10,00	90
19	0,76	4,70	0,76	0,23	206.000	516	250,0	0,170	4,70	7,71	88
20	0,97	5,50	0,97	0,24	207.000	531	173,0	0,070	5,50	11,97	98

O comparativo dos resultados simulados e calculados pela EPG pode ser observado na Tabela 16 abaixo.

Tabela 16 – Comparativo dos resultados obtidos or meio da simulação em EF e calculados pela EPG

Teste	Stampack		EPG (FP=50kN)	
	FP	FR	EPG	Desvio %
1	50	64	62	3%
2	63	86	91	6%
3	75	120	110	9%
4	65	54	55	3%
5	75	124	129	4%
6	50	62	61	1%
7	40	17	18	4%
8	62	55	52	5%
9	50	68	66	2%
10	60	73	75	3%
11	60	31	34	10%
12	75	88	90	3%
13	100	126	140	11%
14	68	45	43	5%
15	72	87	90	3%
16	97	122	136	10%
17	54	43	47	7%
18	90	110	119	7%
19	88	116	124	7%
20	98	118	128	8%
<b>Desvio médio</b>	-	-	-	<b>5%</b>

Nota-se que a EPG escolhida, respondeu com precisão aos testes efetuados. O desvio máximo obtido foi de 11% e a média dos valores absolutos das diferenças percentuais foi de 5%, com desvio padrão de 3%. Estes resultados indicam, que as curvas obtidas para os  $\pi$ -termos foram bem estabelecidas para esta equação e a metodologia bem empregada, tendo em vista que este valor é inferior aos anteriores divulgados na literatura sobre o assunto e é inferior aos limites fornecidos pela medição gráfica fornecida pelo código explícito utilizado.

## 6.2 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO PARA CÁLCULO

Após realizar os testes e validar as EPG, pensou-se em uma forma de facilitar esta rotina relativamente extensa de cálculo, necessária para se obter matematicamente a resposta de FR para os freios. Para isso, foi criado um aplicativo para dispositivos móveis de comunicação, tais como: *smartphones* e *tablets*. Este apli-

cativo é compatível com a plataforma Android e foi programado utilizando-se a linguagem Adobe Actionscript 3.0.

### 6.2.1 ESCOLHA DA PLATAFORMA E LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

A fim de se facilitar o processo de obtenção da FR por meio da solução da EPG determinada, foi projetado um aplicativo de cálculo compatível com a plataforma Android.

Esta plataforma foi definida, por meio da sua presença no mercado global e compatibilidade com a maior parte de *smartphones* e um grande volume de *tablets* comercializados no Brasil e no mundo.

Segundo o relatório *Worldwide Smartphone 2013–2017 Forecast and Analysis* do IDC (International Data Corporation), consultoria americana especializada em análise de mercado e tecnologia, o sistema Android representa hoje 52% das vendas de *smartphones* no mundo, IOS (plataforma dos aparelhos Apple) 38% e os demais 10%. Para os *tablets* a concorrência fica mais próxima e com uma pequena vantagem para os IOS, que representam 53% enquanto o Android representam 43% e os demais 4%.

O programa foi feito no recurso *AIR* (*Adobe Integrated Runtime*) para Android é um programa multiplataforma de ambiente tempo de execução desenvolvida pela Adobe Systems para construir aplicações de Internet usando Adobe Flash, Adobe Flex, HTML, ou AJAX. A programação foi feita utilizando-se o Adobe Actionscript 3.0 (AS3.0), que é a linguagem de programação orientada a objetos, da plataforma Adobe Flash. Esta é uma linguagem de script baseada no ECMAScript (linguagem usada para web, possui referência para JavaScript), basicamente associada como um script de comportamento da aplicação Adobe Flash.

Esta linguagem, ajuda a prover uma excelente experiência de interatividade, nos projetos construídos no Adobe Flash, além de um suporte de conexão pela web, graças a um completo conjunto de componentes.

### 6.2.2 APRESENTAÇÃO DO APLICATIVO

Como dito anteriormente, o aplicativo foi programado no recurso *AIR* do programa Adobe Flash CS5.5, utilizando a linguagem AS3.0.

Os campos de entrada de dados foram definidos e é por meio, de cada um deles, que o usuário pode alterar um parâmetro e verificar a resposta calculada para a FR. Os cálculos podem ser corretamente realizados quando o usuário fornece todos os parâmetros requeridos. O programa é responsável por verificar

cada um destes parâmetros e calcular a resposta com base na EPG programada. Neste caso, foi à equação que obteve melhores resultados na validação, ou seja, a construída com as simulações que utilizaram FP igual a 50 kN.

Ao aplicativo foi dado o nome de “*Drawbead Calc*”, e sua interface pode ser vista na Figura 54.

**Drawbead Calc**

**Geometry Parameters**

Sheet Thickness	0 [mm]	Bead Radius	3 [mm]
Die Radius	3 [mm]	Clearance	0 [mm]
Penetration	5 [mm]		

**Material Parameters**

Yong's Modulus	60000 [MPa]	Conventional Elastic Limit	20 [MPa]
Hardening Constant	250 [MPa]	Hardening Exponent	0.1

**Process Parameters**

Blank Holding Force	0 [kN]	Friction Coefficient	0
---------------------	--------	----------------------	---

Calculate

Drawbead Restraining Force [kN]

Reset

**Db Calc**

Figura 54 – Interface do Aplicativo “*Drawbead Calc*”

A intenção da criação desta ferramenta é a de auxiliar os usuários com os cálculos da FR, onde, de forma simples e dinâmica, podem-se alterar os parâmetros e verificar a resposta obtida, com o simples auxílio de um dispositivo com plataforma Android. Além disso, busca demonstrar a sinergia obtida entre empresa e o meio acadêmico, para o desenvolvimento de novas tecnologias, por meio de parcerias que buscam desenvolver um bem comum.