

Um estudo exploratório sobre a avaliação do impacto energético de logging em aplicativos Android

Ismael Rufino (iraj)
José Raphael (jrds)

TÓPICOS

01

INTRODUÇÃO

02

RQ's

03

AMEAÇAS À VALIDADE

04

CONCLUSÃO



INTRODUÇÃO

Tentar mostrar as mudanças em consumo de energia para as várias situações apresentadas em aplicativos android.

Uso excessivo de logging

Impacto para desenvolvedores Android

Uso do Greenminer

```
2018-10-13 13:13:40 default[20181013t174105] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
2018-10-13 13:13:46 default[20181013t174105] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
2018-10-13 13:43:41 default[20181013t174105] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
2018-10-13 13:43:42 default[20181013t174105] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
2018-10-13 13:43:43 default[20181013t174105] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
2018-10-13 14:12:03 default[20181013t174105] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
2018-10-13 14:12:04 default[20181013t174105] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
2018-10-13 14:12:05 default[20181013t174105] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
2018-10-13 14:19:34 default[20181013t221849] "GET / HTTP/1.1" 200
2018-10-13 14:20:27 default[20181013t221849] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
2018-10-13 14:20:27 default[20181013t221849] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
2018-10-13 14:20:21 default[20181013t222333] "GET / HTTP/1.1" 200
2018-10-13 14:31:57 default[20181013t222947] "GET / HTTP/1.1" 200
2018-10-13 14:33:46 default[20181013t222947] "GET / HTTP/1.1" 200
2018-10-13 14:35:21 default[20181013t222947] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
2018-10-13 14:35:24 default[20181013t222947] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
2018-10-13 14:35:25 default[20181013t222947] "POST /webhook HTTP/1.1" 200
```

SABENDO MAIS

- Ambiente de teste: GreenMiner
- Tipos de testes
- 24 aplicativos testados



AMBIENTE



GreenMiner

- Samsung Galaxy Nexus
- Arduino Uno
- Raspberry Pi
- USB Hub
- Fonte de tensão

Medição do consumo de energia:
Pinos colocados na bateria do Android



APLICATIVOS

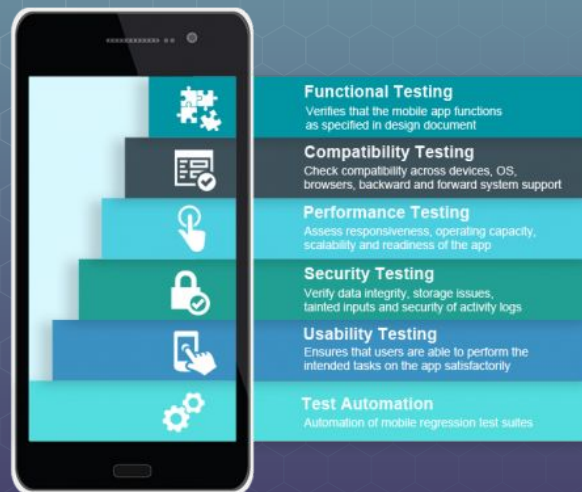
24 de diferentes segmentos:

2048, 24game, Acrylic Paint, Agram, AndQuote, Blockinger, Bomber, Budget, Calculator, ChromeShell, DalvikExplorer, Exodus, Eye in the Sky, Face Slim, FeedEx, Firefox, GnuCash, Memopad, Paint Electric Sheep, Sensor ReadOut, Temaki, Vector Pinball, VLC, Wikimedia.



Várias versões por aplicativo

Carga mínima de testes em cada versão de aplicativo: 10x



RQ's

RQ1: Qual a diferença no consumo de energia para aplicações Android com e sem logging?

RQ2: Quais são os fatores que impactam o consumo de energia de logging em aplicativos android?

RQ3: Há alguma relação entre eventos de logging e o consumo de energia em aplicativos mobile?



RQ1

Metodologia para análise

As alterações de log de algumas versões de um app podem consumir muito mais energia do que as outras versões.

adb shell

Período de testes: 5 minutos para cada versão de cada app, totalizando em torno de 70 dias.

Variáveis observadas: Número de linhas do log/test run, taxa de logging e energia consumida.

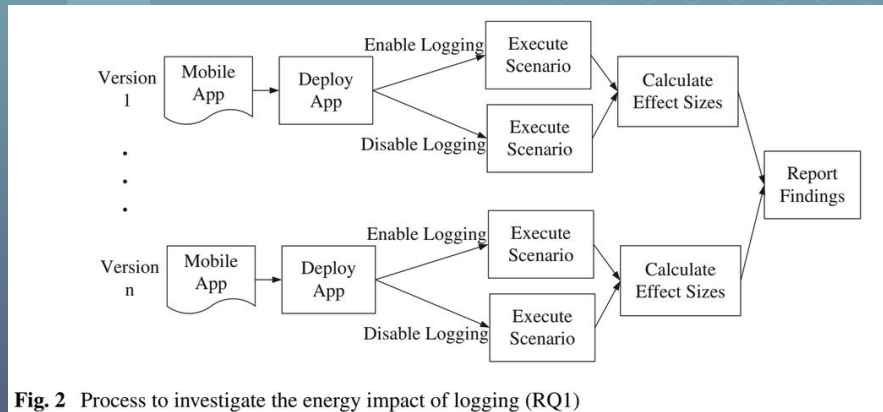


Table 4 Test scenarios and test results for the selected Android applications

App Names	Test Scenarios	Avg # of log lines	Avg Test Duration	Avg Rate of Logging	Avg Energy(J) with	
					logcat Enabled	logcat Disabled
2048	Makes some random moves	15.737	60.008	0.262	58.369	59.057
24game	Randomly tries different numbers	110.000	80.014	1.375	85.816	84.407
Acrylic Paint	Draws a hexagon with legs	24.621	95.011	0.259	82.838	83.998
Agram	Generates anagrams (single and multiple)	46.447	77.006	0.603	75.299	74.985
AndQuote	Reads a series of famous quotes	24.265	52.003	0.467	44.671	44.473
Blockinger	Repositions/rotates blocks randomly	58.715	150.002	0.391	197.315	197.984
Bomber	Drops bombs at fixed intervals	194.091	130.008	1.493	170.483	170.826
Budget	Inserts and calculates expenses	101.684	125.010	0.813	113.017	113.007

Table 4 (continued)

App Names	Test Scenarios	Avg # of log lines	Avg Test Duration	Avg Rate of Logging	Avg Energy(J) with	
					logcat Enabled	logcat Disabled
Sensor Readout	Shows graphs for different sensor reads	166.220	182.998	0.908	176.278	177.226
Temaki	Makes a TODO list, updates and deletes the list	12.244	75.010	0.163	72.373	72.189
Vector Pinball	Throws the ball several times and tires to hit the ball randomly	17.340	120.009	0.144	116.359	116.700
VLC	Plays a fireworks .3gp video	1,079.676	110.010	9.814	116.464	117.460
Wikimedia	Searches for the Bangladesh page and scrolls	169.783	120.011	1.415	160.015	160.171

Calculator	Converts units, calculates taxes, and solves equations	24.413	125.008	0.195	107.781	107.062
ChromeShell	Opens a webpage and scrolls	153.224	100.010	1.532	106.621	107.049
DalvikExplorer	Reads the system's information	20.799	80.004	0.260	65.750	65.591
Exodus	Reads threads from different topics	239.297	84.012	2.848	96.981	96.001
Eye in the Sky	Looks for the current temperature in Edmonton	182.583	130.008	1.404	116.768	119.310
Face Slim	Connects to Facebook homepage and access the help page	24.500	60.009	0.408	65.935	66.571
FeedEx	Adds and reads feeds from Google News	94.451	100.000	0.945	95.430	92.956
Firefox	Opens a webpage and scrolls	75.325	210.004	0.359	213.679	211.544
GnuCash	Creates an account and saves transactions	90.810	75.012	1.211	76.150	76.713
Memopad	Draws a hexagon with legs	17.966	95.011	0.189	79.649	79.908
Paint Electric Sheep	Draws a hexagon with legs	30.000	60.007	0.500	56.296	57.601

App	% versions with $p \leq 0.05$	Mean Cliff's δ	Effect sizes			
			% Negligible	% Small	% Medium	% Large
2048	0.000	-0.165	40.909	31.818	20.455	6.818
24game	0.000	-0.077	100.000	0.000	0.000	0.000
Acrylic Paint	7.500	-0.439	5.000	17.500	35.000	42.500
Agram	0.000	0.038	33.333	66.667	0.000	0.000
AndQuote	0.000	0.127	47.619	23.810	19.048	9.524
Blockinger	0.000	-0.085	41.892	37.838	14.865	5.405
Bomber	0.000	-0.120	34.177	46.835	13.924	5.063
Budget	0.000	-0.080	40.678	44.068	8.475	6.780
Calculator	3.093	0.352	21.649	22.680	22.680	32.990
ChromeShell	0.000	-0.159	32.000	42.000	22.000	4.000
DalvikExplorer	0.000	-0.073	53.846	38.462	0.000	7.692
Exodus	0.000	0.340	33.333	0.000	33.333	33.333
Eye in the Sky	0.000	-0.375	0.000	0.000	100.000	0.000
Face Slim	0.000	-0.319	0.000	100.000	0.000	0.000
FeedEx	54.286	0.612	8.571	5.714	14.286	71.429
Firefox	0.000	0.152	34.615	37.179	19.872	8.333
GnuCash	0.000	-0.147	37.500	18.750	37.500	6.250
Memopad	0.000	-0.187	34.615	36.538	17.308	11.538
Paint Electric Sheep	0.000	-0.597	0.000	0.000	0.000	100.000
Sensor Readout	0.000	-0.085	43.243	37.838	16.216	2.703
Temaki	0.000	-0.028	43.939	39.394	12.121	4.545
Vector Pinball	0.000	-0.047	40.741	35.185	20.370	3.704
VLC	4.348	-0.294	15.217	45.652	13.043	26.087
Wikimedia	0.000	-0.123	43.103	36.207	12.069	8.621
Overall (paired)	$p = 0.3748$		0.0139 (Negligible)			

RQI

Análise dos resultados

RQI

Análise dos resultados

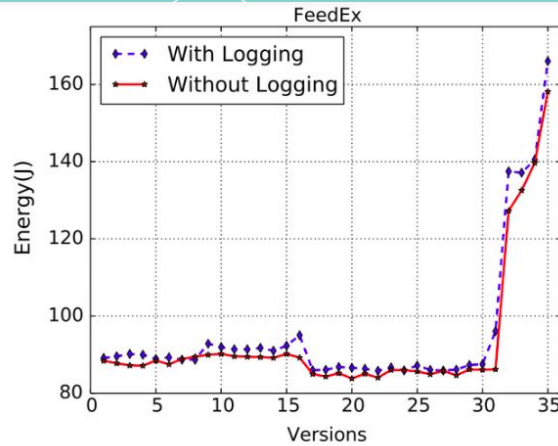


Fig. 4 FeedEx Energy consumption over time. Versions 32 to 35 exhibit very different energy profiles compared to the previous versions

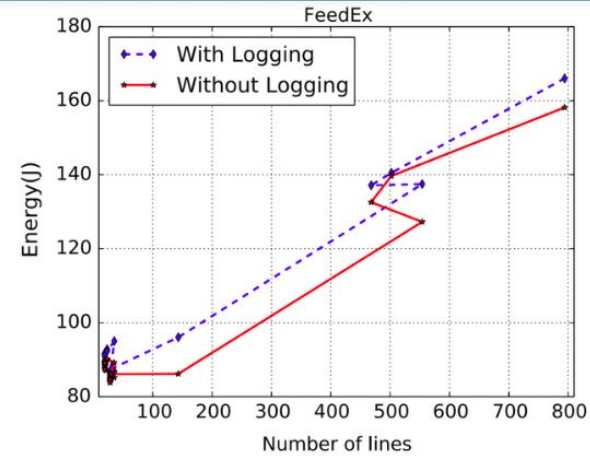


Fig. 5 Energy consumption against the number of log lines across different FeedEx versions. The graph depicts 2 measurements and the lines connects between adjacent versions. The line depicts how the FeedEx versions move through the space of log length and energy consumption. Essentially consecutive FeedEx versions use more and more energy

RQI

Conclusão

Constatações: A diferença do consumo de energia entre testes de log ativado e desativado não é estatisticamente significativa para a maioria das versões dos apps estudados. No entanto, aproximadamente 79% dos apps estudados possuem pelo menos uma versão com effect sizes maiores ou iguais a média. Fatores internos são as causas por trás dos aumentos de energia correlacionados com o logging.

Implicações: Logging geralmente não tem um impacto considerável no consumo de energia de apps Android, embora em alguns casos possa. Os desenvolvedores devem ser cuidadosos ao adicionar código de instrumentação adicional, ainda aproveitando essa valiosa ferramenta de depuração. Caracterizando as melhores práticas para tornar eficiente decisões de logging em apps é ainda um problema de pesquisa aberto.

RQ2

3 fatores a analisar:

- Taxa de logging
- Tamanho das mensagens de log
- Acessos a disco

Tamanho do Buffer circular do Galaxy Nexus:
256KB



RQ2



Table 6 Controlled experiments with varying logging rates and message sizes

Logging rate		Message size	
Rate (msg/sec)	Rationale	Size (bytes)	Rationale
0.01	infrequent logging	64	a single line of text
0.10	browsing UI level logging	512	a medium sized line of text
1.00	UI event level logging	1024	a URL sized line of text
10.00	network traffic level logging	1536	maximum ethernet data frame size
100.00	printf debugging logging	2048	a large log message
1000.00	very frequent logging	8192	an exceptionally large log message

RQ2



Table 7 Percentage growth rates of energy consumption (joules) for the log generating tests. All the calculations below used the energy consumption of the idle tests as the baseline

msg/sec	64 bytes	512 bytes	1 KB	1.5 KB	2 KB	8 KB
0.01	0.20%	0.21%	0.18%	0.51%	0.28%	0.37%
0.10	0.27%	0.31%	0.38%	0.73%	0.30%	0.61%
1.00	0.65%	0.64%	0.70%	0.99%	0.64%	0.90%
10.00	1.38%	1.59%	1.71%	2.16%	1.91%	2.46%
100.00	8.26%	8.48%	9.23%	10.33%	10.55%	14.20%
1000.00	27.88%	30.66%	36.50%	45.14%	48.26%	75.47%

RQ2

$$\begin{aligned} \text{joules} = & 0.03370 \times \text{message rate} \\ & + 0.00006 \times \text{message size} \\ & + 0.01328 \times \text{number of disk flushes} \\ & + 112.10958 \end{aligned}$$



RQ2

Conclusão

Constatações: Logs menores oferecem pouco ou nenhum impacto de energia nas aplicações, onde quando a taxa de log é baixa, o tamanho da mensagem não tem impacto significativo. Contudo, para um grande consumo de log, a taxa de mensagens e seu tamanho são fatores significativos. Para a ocorrência de logging mais denso, grandes quantidades de dados de logging com menos frequência consomem menos energia do que pequenas quantidades de dados de logging com muito frequência.

Implicações: Há preferência em logs com mais informações mas que ocorrem com menos frequência, por exemplo, evitar logs em loops ou em chamadas de bibliotecas de funções. Para uma execução mais densa de logs, desenvolvedores devem agrupar os logs menores e colocá-los juntos para conservar energia.

RQ3

- Que eventos conduzem ao consumo de energia?
- Reuso dos logs e medidas de energia do RQ1
- Análise
 1. Abstração de mensagens de logs em eventos de log
 2. Correlação entre eventos de log individuais e o consumo de energia
 3. Combinação de variáveis usando regressão múltipla



RQ3

Table 8 Summary of unique log events per application across all the versions

App Names	Total Versions	# of Unique Events					Standard Deviations
		total	minimum	median	average	maximum	
2048	44	15	12	13.000	13.091	14	0.603
24game	1	53	53	53.000	53.000	53	
Acrylic Paint	40	19	11	14.000	13.800	17	1.324
Agram	3	15	15	15.000	15.000	15	0.000
AndQuote	21	11	11	11.000	11.000	11	0.000
Blockinger	74	168	23	27.000	27.392	35	1.560
Bomber	79	24	17	20.000	20.152	22	1.292
Budget	59	74	13	37.000	31.525	41	9.482
Calculator	97	53	9	11.000	14.526	23	5.354
ChromeShell	50	105	92	101.000	100.680	104	2.860
DalvikExplorer	13	17	16	16.000	16.308	17	0.480
Exodus	3	88	52	54.000	54.000	56	2.000
Eye in the Sky	1	58	58	58.000	58.000	58	
Face Slim	1	18	18	18.000	18.000	18	
FeedEx	35	39	14	17.000	17.486	28	4.231
Firefox	156	138	29	44.000	52.340	80	22.350
GnuCash	16	399	39	54.500	54.688	62	5.449
Memopad	52	13	12	13.000	12.712	13	0.457
Paint Electric Sheep	1	21	21	21.000	21.000	21	
Sensor Readout	37	12	11	11.000	11.189	12	0.397
Temaki	66	15	8	9.000	9.485	12	1.231
Vector Pinball	54	56	14	16.000	16.463	21	1.342
VLC	46	492	385	390.000	390.022	396	2.679
Wikimedia	58	214	71	96.000	94.000	116	8.840
Average	42	88	42	46.646	46.911	52	3.597



RQ3

Table 9 Spearman's ρ correlation coefficient distribution between log event types and joules per application

App Names	# of Unique Log Events	% Trivial [0.0, 0.1)	% Small [0.1, 0.3)	% Moderate [0.3, 0.5)	% Large [0.5, 0.7)	% Very Large [0.7, 0.9)	% Near Perfect [0.9, 1.0]
2048	15	80.000	13.333	6.667	0.000	0.000	0.000
24game	53	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Acrylic Paint	19	36.842	15.789	26.316	21.053	0.000	0.000
Agram	15	80.000	0.000	0.000	6.667	0.000	13.333
AndQuote	11	72.727	27.273	0.000	0.000	0.000	0.000
Blockinger	168	62.500	36.905	0.595	0.000	0.000	0.000
Bomber	24	33.333	25.000	41.667	0.000	0.000	0.000
Budget	74	39.189	22.973	13.514	5.405	18.919	0.000
Calculator	53	18.868	47.170	24.528	9.434	0.000	0.000
ChromeShell	105	22.857	70.476	6.667	0.000	0.000	0.000
DalvikExplorer	17	94.118	0.000	0.000	5.882	0.000	0.000
Exodus	88	21.591	0.000	0.000	21.591	39.773	17.045
Eye in the Sky	58	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Face Slim	18	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FeedEx	39	38.462	17.949	0.000	35.897	7.692	0.000
Firefox	138	20.290	78.261	1.449	0.000	0.000	0.000
GnuCash	399	21.554	30.576	39.850	7.769	0.251	0.000
Memopad	13	69.231	0.000	0.000	7.692	23.077	0.000
Paint Electric Sheep	21	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sensor Readout	12	91.667	0.000	8.333	0.000	0.000	0.000
Temaki	15	46.667	26.667	26.667	0.000	0.000	0.000
Vector Pinball	56	16.071	23.214	26.786	3.571	30.357	0.000
VLC	492	41.260	13.415	2.236	1.423	41.667	0.000
Wikimedia	214	22.897	1.402	53.738	21.963	0.000	0.000

- Dalvikvm: GC_CONCURRENT (X1): this event is triggered when the heap starts to fill up;
- Dalvikvm: GC_FOR_ALLOC (X5): this event occurs when there is not enough memory left on the heap to perform an allocation;
- Dalvikvm: GROW_HEAP (X6): in order to save memory, Android does not allocate

Relações de (FIREFOX, AGRAM, ACRYLIC PAINT, and MEMOPAD) com: Dalvik Virtual Machine, DalvikVM. The DalvikVM

RQ3

Table 10 OS level log events shared by all the applications

#	# applications	Event name
X1	25	dalvikvm GC_CONCURRENT
X2	24	dalvikvm WAIT_FOR_CONCURRENT_GC
X3	21	libEGL loaded vendor lib egl libGLv2_POWERVR_SGX540_120
X4	20	OpenGLRenderer Enabling debug mode
X5	19	dalvikvm GC_FOR_ALLOC
X6	17	dalvikvm heap Grow
X7	14	dalvikvm Late enabling CheckJNI
X8	8	dalvikvm Turning on JNI app bug workarounds for target SDK version
X9	6	TilesManager Starting TG
X10	6	Choreographer Skipped frames The application may be doing too much work on its main thread
X11	4	dalvikvm Jit resizing JitTable
X12	4	webviewglue nativeDestroy view
X13	4	GLWebViewState Reinit transferQueue
X14	4	dalvikvm null clazz in OP_INSTANCE_OF single stepping
X15	4	InputMethodManagerService Focus gain on non focused
X16	4	dalvikvm VFY replacing opcode
X17	4	GLWebViewState Reinit shader

RQ3



$$\text{joules} \sim c_0 + c_1 \times \text{event}_1 + c_2 \times \text{event}_2 + \dots + c_n \times \text{event}_n$$

Table 11 Linear models of energy consumption based on log events across numerous Android applications

	Events#	Adj- R^2	p-value
All applications/Versions	X4 + X6 + X17	0.4755	1.1222e-140
	X1 + X4 + X6	0.4965	1.4197e-149
	X1 + X4 + X6 + X9	0.5233	2.3270e-160
	X1 + X4 + X6 + X13	0.5328	9.2390e-165
	X1 + X4 + X6 + X17	0.5328	9.2390e-165
Acrylic Paint	X3 + X5	0.4870	1.6392e-06
	X4 + X5	0.4870	1.6392e-06
	X2 + X5	0.5306	3.1700e-07
Bomber	X6 + X14	0.2375	3.1351e-06
	X4 + X6	0.2375	3.1351e-06
	X6 + X13	0.2375	3.1351e-06
Calculator	X3 + X5	0.3991	2.3918e-12
	X5 + X16	0.3991	2.3918e-12
	X5 + X17	0.3991	2.3918e-12
ChromeShell	X1 + X15 + X16	0.1076	2.5888e-02
	X1 + X13 + X16	0.1076	2.5888e-02
	X1 + X2 + X16	0.1112	3.8161e-02
Firefox	X2 + X3 + X11	0.2242	1.3689e-09
	X2 + X3 + X13	0.2242	1.3689e-09
	X2 + X3 + X10	0.2242	1.3689e-09
GnuCash	X1 + X5 + X6	0.5914	3.0130e-04
	X1 + X4 + X5	0.5914	3.0130e-04
	X1 + X3 + X4	0.5914	3.0130e-04
Memopad	X1 + X8 + X12	0.6377	5.9170e-12
	X1 + X8 + X13	0.6377	5.9170e-12
	X1 + X8 + X14	0.6377	5.9170e-12
Sensor Readout	X1 + X2	0.4276	2.8786e-05
	X1	0.4427	4.2210e-06

RQ3

2

Budget	X2 + X15	0.8176	7.6227e-22
	X1 + X5	0.8262	1.9788e-22
	X1 + X6	0.8330	6.4611e-23
Vector Pinball	X1 + X5 + X7 + X8	0.9456	3.1336e-32
	X1 + X5 + X8 + X16	0.9456	3.1336e-32
Temaki	X1 + X8	0.9465	1.4174e-33
	X1 + X7 + X15	0.4848	1.2541e-09
	X1 + X3 + X7 + X15	0.4848	1.2541e-09
VLC	X1 + X7 + X15 + X17	0.4848	1.2541e-09
	X1 + X5 + X16	0.6134	5.0341e-10
	X1 + X3 + X5	0.6134	5.0341e-10
Wikimedia	X1 + X5 + X17	0.6134	5.0341e-10
	X3 + X5	0.6396	3.1125e-14
	X1 + X5	0.6666	2.8477e-14
	X2 + X5	0.7289	9.6649e-17

Table 11 (continued)

	Events#	Adj- R^2	p-value
FeedEx	X17	0.9297	8.2694e-21
	X16	0.9297	8.2694e-21
	X13	0.9297	8.2694e-21

Top three models are shown only if they are significant ($p \leq 0.05$)

RQ3

Conclusão

Constatações: Cerca de 80% dos apps tem pelo menos um log event cuja correlação com o consumo de energia é média ou mais forte. Eventos mais relacionados ao consumo de memória, gerenciamento de memória e eventos de log (OpenGL) são os eventos mais relacionados

Implicações: Atenção aos log events relacionados a garbage collection e gráficos. Não existe uma relação clara entre o conteúdo de logging e o consumo de energia para alguns apps.



AMEAÇAS À VALIDADE

1. Validação da Construção
2. Validação Interna
3. Validação Externa



QUAIS SÃO?

1

Confiabilidade na
medição da energia

2

Fatores confusos e
conflitantes enquanto é
avaliado o impacto da
energia de logging em
aplicações reais de
Android

Controlando vários
fatores de logging
enquanto é investigado o
consumo de energia de
logging em aplicações
Android

3

Generalizando o
impacto de energia do
logging em aplicações
reais de Android

CONCLUSÕES



- 1) **Menos de 1 mensagem por segundo não afeta significativamente a performance de energia.**
 - 2) **Muitas aplicações android que tipicamente realizam logging, tem efeito negligenciável no consumo de energia.**
 - 3) **Há alguns eventos de log registrado em logs tal que estão altamente correlacionados com o consumo de energia.**
-

Future work: Investimento em event logs como um proxy para prever o consumo de energia das aplicações.

NOSSAS CONCLUSÕES





OBIGADO!

Dúvidas?



CRÉDITOS

- ◀ Presentation template by [Slidesgo](#)
 - ◀ Icons by [Flaticon](#)
 - ◀ Infographics by [Freepik](#)
 - ◀ Images created by [Freepik](#)
 - ◀ Author introduction slide photo created by Freepik
 - ◀ Text & Image slide photo created by Freepik.com
- 