

Paulo José Estrela Vitoriano de Matos

**O CONTRIBUTO DOS TESTES DE
SOFTWARE PARA A SUA
CONCEÇÃO MAIS EFICIENTE DO
PONTO DE VISTA ENERGÉTICO.**

**Dissertação de Mestrado em Cidadania Ambiental e
Participação**

2015

Professora Doutora Cristina Maria Carapeto Pereira

Professor Doutor José Pedro Fernandes da Silva Coelho



Declaro que esta dissertação /trabalho de projeto / relatório de estágio é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia.

O candidato,

(Paulo José Estrela Vitoriano de Matos)

Lisboa, 26 de Outubro de 2014

Declaro que esta Dissertação se encontra em condições de ser apresentada a provas públicas.

O (A) orientador(a),

(Cristina Maria Carapeto Pereira)

(José Pedro Fernandes da Silva Coelho)

Lisboa, de de

“NOS OSSOS QUE AQUI ESTAMOS PELOS VOSSOS ESPERAMOS”

Inscrição à Entrada da Capela dos Ossos – Évora (Alentejo)

Aos meus bisavós

Maria Emília

Francisco Catarino

Aos meus tios-avós

José Cadete

António Estrela

Manuel Catarino

Hermínia Canha

Aos meus avós

Emília Maria,

Manuel Estrela

Celeste Catarino

João Canha

Aos meus pais

Maria Matos

José Matos

AGRADECIMENTOS

A vida é plena de ocasos e aventuras, e estes são totalmente influenciados por pessoas com quem nos cruzamos, que nos deram cada impulso para chegarmos onde estamos, para chegarmos ao momento em que escrevo estas palavras.

O principal desafio da minha geração (nascido eu em 1984) é a entrada no mercado de trabalho. Nesse sentido, gostaria de agradecer ao meu primo António Lucas por me ter acolhido em Lisboa, nas suas empresas (2007). Ao João Mateus, por me ter aberto a porta ao Banco Mais (2008). À Cristina Beirão – responsável do Departamento de Testes e Qualidade do Banco Mais (na atualidade Banif Mais) – por ter acreditado em alguém formado em Gestão Empresarial – Ramo Gestão Estratégica, e ainda que com as luzes suficientes de programação, estaria à altura para desempenhar um papel importante na deteção de erros no *software*... até porque foi um momento da grande descoberta da minha vida: *software testing* é a minha vocação profissional (2008), confesso. Aliás, Cristina Beirão deu-me autonomia para crescer dentro da área de testes, como todos os tutores devem dar, ao mesmo tempo que me ensinou muito do que sei e que nenhum livro poderá algum dia transmitir. *Era bom que todos os futuros testers tivessem uma Cristina Beirão na vida e no momento certo*. Ao Filipe Nuno Carlos – atualmente (2014) Presidente da Associação Portuguesa de Testes de *Software* e sócio gerente maioritário da WinTrust – por ter confiado na minha capacidade de trabalho, indo-me buscar para novos desafios profissionais na área de *Software Testing* (2009), e com isso facultando-me a bagagem de já ter passado por grandes grupos empresariais portugueses tais como a Caixa Geral de Depósitos (CGD), a Eletricidade de Portugal (EDP) e a Mota-Engil ITS.

Com igual importância, mas no plano académico sou muito grato aos professores Doutores Cristina Carapeto e José Coelho, que ao longo de 3 anos, me apoiaram, nunca desistindo do meu projeto e de mim, pelo que esta dissertação, pensada em 2011 se concretiza, com toda a atualidade, mesmo passado 3 anos (2014). Aliás, foi neste ano de

2014, que os conheci pessoalmente, facto com o qual fiquei bastante feliz pois um endereço de *email* não transmite a confiança depositada que uma presença em sala faz. Se algo nesta dissertação estiver menos bem a culpa é exclusivamente minha, assumo.

Por último, presto homenagem a ti – Lúcia Almeida, minha *mais que tudo*, que conheci no Banco Mais e que percorrendo o caminho da vida lado a lado, fizemo-lo também no mundo académico, entrando para o mesmo Mestrado, estudando para as mesmas cadeiras e na obra que foi escrever esta dissertação, o teu apoio nunca me faltou. Parte do que sou, e de como sou hoje, depende exclusivamente de ti, tenho perfeitamente consciência disso.

Obrigado

RESUMO

O CONTRIBUTO DOS TESTES DE SOFTWARE PARA A SUA CONCEÇÃO MAIS EFICIENTE DO PONTO DE VISTA ENERGÉTICO.

PAULO JOSÉ ESTRELA VITORIANO DE MATOS

A mudança climática acelerada e adulterada pela humanização do planeta já não pode ser desmentida. A humanidade nas duas últimas centenas de anos desenvolveu uma tecnologia a que apelidou de “eletricidade” desde então moldou toda a sua vivência em torno desta tecnologia. Porém para a produzir “eletricidade” recorre-se, em boa medida à combustão de materiais que libertam CO₂ em quantidades que pelo seu volume degradam o meio ambiente. Por outro lado, nem toda a humanidade tem acesso à “eletricidade” de forma abundante pelo que o seu consumo em determinadas zonas geográficas é racionado, impossibilitando assim que mais seres humanos entrem num melhor estado de desenvolvimento social. Esta dupla situação é confrontada com o facto de as sociedades contemporâneas utilizarem cada vez mais sistemas informáticos numa multiplicidade de tarefas diárias. Neste contexto, surgiu uma nova profissão denominada como *Software Testing* que tem como grande objetivo a validação e verificação da qualidade do *software* produzido. A *vertente* de consumo energético do *software* é um tema quase inexistente na comunidades de *testers*, pelo que esta dissertação pretende **a)** documentar o *status quo* do tema, **b)** demonstrar um método simples de apurar o consumo do *software* e, por último, **c)** demonstrar, por diversos meios, entre eles via fórmula matemática, que a partir de determinado ponto (não é só do ponto de vista ambiental pela redução da emissão de CO₂) os testes ao consumo energético do *software* se devem realizar mas porque há retorno financeiro direto e imediato (pela redução de consumo de energia).

PALAVRAS-CHAVE: Testes de Software, Energia, Testador, Consumo energético de computadores, Watt, Mudança Climática

ABSTRACT

The contribution of Software Testing to create more efficient software taking into account the energy consumption

PAULO JOSÉ ESTRELA VITORIANO DE MATOS

Climate change cannot be ignored any longer. Not only this is a natural phenomenon but also it has been speeded up owing to human activities. To support most of those activities Humanity has developed a technology called "electricity". In the vast majority of cases the generation of "electricity" is linked to the combustion of products that release CO₂ into the atmosphere. On the other hand, not all countries has access to "electricity" in the same way – in an abundant way. In areas where its consumption is rationed human social development is delayed or even impaired. This situation is even more dramatic now-a-days since there is a multitude of human tasks that are dependent on electricity such as the use of personal computers which are now part of our daily life. In this context, a new professional category emerges – the software testing, which main objective is to verify and validate the quality of the software that is produced. The aspect of energy consumption by the software is not yet seen as important theme in our profession and that is why the present work aims at **a)** enlighten about the present situation, **b)** to reveal a simple method to measure software energy consumption and **c)** demonstrate by different ways, that after a certain point, the energy consumption it is not only important because of the environment (and quantity of CO₂ release into the atmosphere) but also because of economical expenditure

KEYWORDS: Software Testing, Energy, Tester, Computers Energetic Consume, Watt, Climate Change

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
CAPITULO I – O PARADIGMA ENERGÉTICO MUNDIAL	3
Humanidade e Tecnologia	3
O Paradigma Energético	4
O CO ₂ e o Efeito de Estufa	5
Alterações climáticas	6
Correções de assimetrias futuras no consumo energético por via de um mercado de créditos de carbono	8
Sustainable energy for all – Energia sustentável para todos.	9
CAPITULO II – SISTEMA DE COMPUTADOR	13
Hardware	13
Sistema Operativo	16
Software	20
Utilizador(es)	20
Sistemas Computacionais no Mundo	21
CAPITULO III – TESTES DE SOFTWARE	27
Propósito do Teste de Software	27
Atividade dum Tester de Software	28
Tipos de Teste	28
Técnicas de Teste	29
Artefacto ou Ferramenta de Teste	30
Orientação Psicológica do Teste	31
O que são defeitos e falhas?	31
Modelos de Desenvolvimento de Software	31

Funções e Perfis de Tester	33
CAPITULO IV – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS SISTEMAS COMPUTACIONAIS	35
Os Primeiros Passos	35
Evoluções de Eficiência Energética no Hardware sem Paralelo na Construção do Software	40
2010 – O Ano do Impulso Alemão	41
O Modelo GreenSoft	43
Procedimento de Medição por GreenSoft	48
O Tester como o Agente da Garantia de Qualidade	50
Conferência Internacional EAHPC – 4 Anos de Inovação	51
Joulemeter – O Contributo Outsider de Ouro da Microsoft	64
ISO/IEC 14756:1999(E)	67
CAPITULO V – PROCEDIMENTO DE TESTE PARA AFERIÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO	71
Parâmetros, Unidades de Medida e Definições	73
Indicadores Base	74
Medição via Equipamentos Físicos	75
Medição via software para SO Windows®	77
Programas de Software de Apoio aos Testes	80
Apuramento dos Indicadores Prévios à Execução do Plano de Testes	81
Apuramento dos Indicadores HWiNFO32 – Execução do Caso de Testes	91
Apuramento dos Indicadores Joulemeter – Execução do Caso de Testes	95
Apuramento dos Indicadores Manualmente – Execução do Caso de Testes	99
Automatização de um Caso de Teste no Firefox via Selenium IDE	100
Procedimento de Teste (Global) e Proposta de Plano de teste	104

CAPÍTULO VI – VIABILIDADE ECÓNOMICA DA REALIZAÇÃO DE TESTES AO CONSUMO ENERGÉTICO DE SOFTWARE	107
Desenvolvimento do Ponto de Viabilidade Económica	107
A Indústria	113
Um Caso Real da Importância do Consumo Energético	114
CAPÍTULO VII – EXECUÇÃO DE PLANOS DE TESTE	121
Casos de Teste	121
Ambientes de Teste Disponíveis	129
Matriz de Testes versus Ambientes	132
CAPÍTULO VIII – RESULTADOS E INTERPRETAÇÃO	135
Análise Gráfica Teórica	135
Desenvolvimento de Métricas	137
Debate – Qual a Melhor Ferramenta da medição	148
Debate de Resultados	149
Interpretação Resultados	153
Proposta Adicional	154
Autocrítica e Constrangimentos Verificados	155
CAPÍTULO IX – CONSIDERAÇÕES FINAIS	163

Listagem de Excertos

Excerto 1 – Detalhe da Métrica “Tempo para a solução por Watt” (Oed, 2011).....	55
Excerto 2 – Fórmulas de cálculo teórico dos indicadores “workload heaviness”, “performance score”, Efficiency score” e “combined Score” (Molka <i>et al.</i> , 2011).....	56
Excerto 3 – Exemplo de medição dos indicadores “workload heaviness”, “performance score”, Efficiency score” e “combined Score” (Molka <i>et al.</i> , 2011).....	56
Excerto 4 – Formulação do modelo de consumo energético (Alonso <i>et al.</i> , 2012).....	59
Excerto 5 – Código fonte da automatização preconizado no exemplo na figura 54 (Fonte Própria).....	104
Excerto 6 – Cópia de mensagem de correio eletrónico enviada a empresas portuguesas de consultoria que prestam serviço de testes de <i>software</i>	114

Listagem de Tabelas

Tabela 1 – Ciclo de vida do <i>software</i> proposto pelo modelo GreenSoft.....	43
Tabela 2 – Resultados da obtenção do consumo energético (Power Dinamic) (Alonso <i>et al.</i> , 2012).....	61
Tabela 3 – Listagem Resumo dos Softwares de Apoio.....	80
Tabela 4 – Conversão entre nome comercial e número de versão.....	81
Tabela 5 – Conversão entre nome da arquitetura do SO e código atribuído.....	81
Tabela 6 – Cálculo do CMiEG de um SUT.....	86
Tabela 7 – Exemplo comparativo das soluções para apuramento do timestamp do Joulemeter por um período de 30 segundos, as células sombreadas verde são os pontos de correspondência igual (Fonte própria).....	99
Tabela 8 – Exemplo de tabelas para registo manual do consumo energético durante 2 minutos a um <i>software</i>	100
Tabela 9 – Matriz de Cobertura dos Casos de Teste Executados com os Ambientes Disponíveis.....	132
Tabela 10 – Comparação entre totalizadores de variáveis tempo de teste e consumo energético entre SUT 1 e 2.....	150
Tabela 11 – Comparação entre, os totais mínimo e máximo, do consumo energético nas SUT 1 e 2, para cada caso de teste.....	150

Listagem de Figuras

Figura 1 – Ban Ki-Moon discursando na conferência RIO+20.....	11
Figura 2 – Modelo de Desenvolvimento de <i>software</i> Waterfall por Royce (adaptado da fonte).....	32
Figura 3 – Modelo de Desenvolvimento de <i>Software</i> em “V” (adaptado da fonte).....	32
Figura 4 – Modelo de Desenvolvimento de <i>Software</i> numa Metodologia Agile.....	33
Figura 5 – Ilustração da dificuldade do <i>software</i> contribuir para a eficiência energética.....	35
Figura 6 – Ilustração simbólica das diferentes profissões na corrida da Eficiência Energética nos sistemas computacionais em 2008 (fonte própria).....	41
Figura 7 – Fase do desenvolvimento de <i>software</i> com adição de critérios sustentáveis.....	46
Figura 8 – Fase de compra de <i>software</i> tendo em atenção critérios sustentáveis.....	46
Figura 9 – Fase de utilização do <i>software</i> suportando critérios sustentáveis.....	47
Figura 10 – Esquema do parque informático envolvido na medição do consumo energético (Dick <i>et al.</i> , 2011).....	49
Figura 11 – Esquema da definição do fluxo do teste, baseado na ISO 14756 (Dick <i>et al.</i> , 2011).....	49
Figura 12 – Esquema das funções do Engenheiro de Qualidade na introdução de critérios sustentáveis no desenvolvimento de <i>software</i>	51
Figura 13 – Esquema da medição a realizar (Adaptado de Minartz <i>et al.</i> , 2010).....	52
Figura 14 – Esquemático do uso da API Energy Checker da Intel (Semin, 2011).....	54

Figura 15 – Esquema dos processos necessários para se criar algoritmos que tornem o <i>hardware</i> mais eficiente energeticamente (Ren <i>et al.</i> , 2011)	57
Figura 16 – Esquema de uma fila de “Job” (processos) (Mämmelä <i>et al.</i> , 2011)	58
Figura 17 – Cenário de medição do consumo energético (Alonso <i>et al.</i> , 2012)	60
Figura 18 – Ilustração das perdas de energia a movimentar dados (Semin <i>et al.</i> , 2013)	62
Figura 19 – Ilustração da “4 Pillar Framework” (Wilde <i>et al.</i> , 2013)	63
Figura 20 – Ilustração de Como se pode atingir a eficiência energética global (Wilde <i>et al.</i> , 2013)	63
Figura 21 – Ilustração dos meios atuais na senda da eficiência energética (Wilde <i>et al.</i> , 2013)	64
Figura 22 – Funcionalidades de simulação de consumo energético por Joulemeter (Kansal <i>et al.</i> , 2011)	65
Figura 23 – Joulemeter, em funcionamento para duas aplicações em simultâneo (fonte própria)	66
Figura 24 – Firefox ao navegar num site de vídeos on-line e os diferentes processos correspondentes (fonte própria)	67
Figura 25 – Processo de Medição de Acordo com a ISO 14756:1999	70
Figura 26 – Fases do Processo Medição de Acordo com a ISO 14756:1999	70
Figura 27 – Proposta para o Processo de Teste ao Consumo Energético do <i>Software</i> (TCES)	72
Figura 28 – Calibração manual do Joulemeter (fonte própria)	78
Figura 29 – Calibração automática do Joulemeter (fonte própria)	78
Figura 30 – Joulemeter e Gestor de Tarefas do Windows (ambos) em funcionamento, sendo que o primeiro está a monitorizar o consumo energético do segundo (fonte própria)	79
Figura 31 – Apuramento de dados do SO via linha de comandos (Fonte própria)	82
Figura 32 – Programa HWiNFO32 com opção “Summary-only” (Fonte própria)	82
Figura 33 – Dados obtidos por programa HWiNFO32 em modo de resumo (Fonte própria)	82
Figura 34 – Pesquisa de informações no site hdsentinel via Google: ST3500830AS site:www.hdsentinel.com	83
Figura 35 – Informações do disco SEAGATE ST3500830AS disponibilizadas pelo site hdsentinel (Fonte própria)	84
Figura 36 – Sistema computacional refrigerado a ar	85
Figura 37 – Sistema computacional refrigerado a líquido	85
Figura 38 – Gestor de Tarefas do Windows só com a aplicação Joulemeter a “correr” (Fonte própria)	86
Figura 39 – Barra de ferramentas do HeavyLoad com todos os tipos de teste ativados (Fonte própria)	87
Figura 40 – GUI do HeavyLoad após este operar durante alguns segundos (Fonte própria)	87
Figura 41 – à esquerda, GUI do IntelBurnTest v2.54 a executar o teste de stress apenas sob o CPU, à direita monitorização dos recursos via TaskManager (Fonte própria)	88
Figura 42 – Pesquisa de informações no site cpu-upgrade via Google: “AMD Phenom 9500 site:www.cpu-upgrade.com” (Fonte própria)	88
Figura 43 – Informações do disco processador AMD Phenom 9500 / TDP: 95 Watt, disponibilizadas pelo site cpu-upgrade (Fonte própria)	89
Figura 44 – Informações do GPU GIGABYTE GeForce 8500 GT / TDP: 40 Watt, disponibilizadas pelo site gpureview (Fonte própria)	90
Figura 45 – Execução do programa HWiNFO32 com a opção “Sensors-only” (Fonte própria)	91
Figura 46 – Configuração do HWiNFO32 para mostrar apenas alguns indicadores, e com um intervalo de medição de 1 segundo (1000ms) (Fonte própria)	91
Figura 47 – Gravação de variáveis do SUT utilizando o HWiNFO32 (Fonte própria)	92
Figura 48 – Abertura dos dados provenientes do HWiNFO32 no programa Open Calc (Fonte própria)	92
Figura 49 – Evolução do uso da memória temporária (Fonte própria)	93
Figura 50 – Uso dos núcleos do processador e temperatura da placa-mãe (Fonte própria)	93
Figura 51 – Evolução da atividade ao nível do disco rígido e temperatura (Fonte própria)	93
Figura 52 – Evolução da atividade do GPU e temperatura (Fonte própria)	94
Figura 53 – Gravação do ficheiro de dados que estava em “.csv” para “.odf”	94
Figura 54 – Gravação da variável de consumo do SUT utilizando o programa Joulemeter	95
Figura 55 – Abertura dos dados provenientes do Joulemeter no programa Open Calc (Fonte própria)	96
Figura 56 – Folha de cálculo com os valores apurados pelo Joulemeter (Fonte própria)	96
Figura 57 – Formatação da célula com a data-hora do ensaio (Fonte própria)	98
Figura 58 – <i>Download</i> da extensão Selenium IDE para uso no <i>browser</i> Firefox (Fonte própria)	100
Figura 59 – Listagem das extensões a instalar e reinício do <i>browser</i> Firefox após instalação (Fonte própria) ..	101
Figura 60 – Acesso ao programa de apoio Selenium IDE via Firefox (Fonte própria)	101
Figura 61 – Destaque para o botão de “Play entire test suite” na ferramenta Selenium IDE (Fonte própria)	102

Figura 62 – Exemplo de uma automatização usando Selenium IDE, em que o <i>browser</i> navega por duas páginas Web após estar em contexto numa página web “base” (Fonte própria).....	103
Figura 63 – Firefox 18.01 e Extensions (Fonte Própria)	122
Figura 64 – Firefox 18.0.2 (Fonte Própria).....	122
Figura 65 – <i>Extensions</i> e <i>Plugins</i> do Firefox 18.0.1 (Fonte Própria).....	124
Figura 66 – Visualização de vídeo no <i>Youtube</i> em modo normal, estando o cursor posicionado sob o botão “Mudar para modo de cinema” (Fonte Própria)	124
Figura 67 – Visualização de vídeo no <i>Youtube</i> em modo cinema, estando o cursor posicionado sob o botão “Mudar para modo de norma” (Fonte Própria)	125
Figura 68 – Programa InverteHex.exe em execução (Fonte Própria)	126
Figura 69 – Programa 1003665.exe em execução (Fonte Própria).....	127
Figura 70 – Programa 1100194.exe em execução (Fonte Própria).....	127
Figura 71 – Programa MouseTrap.exe em execução (Fonte Própria)	129
Figura 72 – Programa 1001996.exe em execução (Fonte Própria).....	129
Figura 73 – Placa de Medição com Wattímetro e Pinça Amperimétrica operando em simultâneo (Fonte Própria)	133
Figura 74 – Semáforo nutricional	154
Figura 75 – Definição em imagens do que é virtualização	156
Figura 76 – Apuramento simulado e real do consumo energético de um SUT, em Watt. (Fonte Própria)	158
Figura 77 – Apuramento simulado e real do consumo energético de um SUT, para uma operação de pico, em Watt. (Fonte própria).....	158

Listagem de Gráficos

Gráfico 1 – Indivíduos que utilizam a internet, para período 2005-2014 (Adaptado de ICT, Junho de 2014) 22	
Gráfico 2 – Evolução da quota de mercado dos SO para o período de Janeiro de 2012 a Abril de 2014, incluindo SO para dispositivos móveis. (adaptado da fonte)	23
Gráfico 3 – Evolução das licenças vendidas de Windows® 7. Valores em milhões e cumulativos para o período de Dezembro de 2009 a Outubro de 2012	24
Gráfico 4 – Evolução das licenças vendidas de Windows® 8, valores em milhões e cumulativos para o período de Novembro de 2012 a Fevereiro de 2014 (adaptado da fonte).....	25
Gráfico 5 – Resultado das medições de consumo energético nos diversos componentes, com atividade nula (à esquerda) e com carga (à direita) (Adaptado de Minartz <i>et al.</i> , 2010).....	52
Gráfico 6 – Exemplo da medição feita no modelo da Intel (Semin, 2011)	54
Gráfico 7 – Resultados do estudo do algoritmo na gestão do trabalho realizado pelo <i>hardware</i> da forma energética mais eficiente (Mämmelä <i>et al.</i> , 2011)	59
Gráfico 8 – Consumo energético de um CPU com 4 cores (núcleos) (Alonso <i>et al.</i> , 2012)	60
Gráfico 9 – Margem de erro entre o consumo simulado e o efetivo (Alonso <i>et al.</i> , 2012)	61
Gráfico 10 – Análise da correlação entre três variáveis: Preço Hora de Testes de Software / Ganhos de Eficiência Energética por Funcionalidade / Número de Utilizações Necessário para Rentabilização (Fonte Própria)	112
Gráfico 11 – Comparativo entre duas aplicações em que o CT “B” consumiu 150Ws e o CT “A” consumiu 100 Ws (Fonte Própria).....	135
Gráfico 12 – Comparativo entre duas aplicações em que o CT “B” consumiu 200 Ws e o CT A 150 Ws (Fonte Própria)	136
Gráfico 13 – Consumo em Watts-segundo do SUT 2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria).....	137
Gráfico 14 – Consumo em Watts-segundo do SUT 2 no caso de teste 1 B (Fonte Própria)	138
Gráfico 15 – Consumo em Watts-segundo do SUT 2 destacando a variável <i>Total Power</i> no Caso de Teste 1 (Fonte Própria)	139
Gráfico 16 – Consumo em Watts-segundo do SUT 2 destacando as variáveis <i>Application e CPU</i> no caso de teste 1 A (Fonte Própria)	140
Gráfico 17 – Consumo em Watts-segundo do SUT 2 destacando as variáveis <i>Application e CPU</i> no caso de teste 1 B (Fonte Própria).....	140
Gráfico 18 – Consumo em Watts-segundo do SUT 2 destacando a variável <i>Application</i> no caso de teste 1 (Fonte Própria)	141
Gráfico 19 – Consumo em Watts do SUT 2 destacando a variável <i>Application</i> no caso de teste 1 (Fonte Própria)	141

Gráfico 20 – Consumo de memória do SUT 2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)	142
Gráfico 21 – Consumo de memória do SUT 2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)	142
Gráfico 22 – Nível de processamento do SUT 2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)	143
Gráfico 23 – Nível de processamento do SUT 2 no caso de teste 1 B (Fonte Própria)	144
Gráfico 24 – Evolução da temperatura em vários componentes do SUT 2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)	144
Gráfico 25 – Evolução da temperatura em vários componentes do SUT 2 no caso de teste 1 B (Fonte Própria)	145
Gráfico 26 – Evolução da atividade no disco rígido do SUT2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)	145
Gráfico 27 – Evolução da atividade no disco rígido do SUT2 no caso de teste 1 B (Fonte Própria)	146
Gráfico 28 – Evolução da atividade do processamento da placa gráfica SUT2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)	146
Gráfico 29 – Evolução da atividade do processamento da placa gráfica SUT2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)	147
Gráfico 30 – Medição do caso de teste 3 B no SUT1 utilizando três recursos distintos (Fonte Própria)	149
Gráfico 31 – Avaliação do Caso de Teste 3, em que o caso A por ser o mais baixo é usado como referência para o B e C (Fonte Própria)	151
Gráfico 32 – Avaliação do Caso de Teste 1, em que o caso B (1) por ser o mais baixo é usado como referência para o A(2) (Fonte Própria)	151
Gráfico 33 – Avaliação do Caso de Teste 2, em que o caso B (1) por ser o mais baixo é usado como referência para o A (2) (Fonte Própria)	152
Gráfico 34 – Avaliação do Caso de Teste 4, em que o caso A (1) por ser o mais baixo é usado como referência para o B(2) que não devolve um resultado válido (Fonte Própria)	152

INTRODUÇÃO

A necessidade de encontrar soluções para os desafios da nossa sociedade leva a criatividade humana a revelar-se, por vezes em aspetos inesperados, como poderá ser o tema da presente dissertação de mestrado.

Misturar a experiência de uma profissão relativamente recente – *Software Testing* – com a temática académica do Ambiente e da Cidadania Responsável/Participante, procurando que o produto final seja algo produtivo e totalmente convertível em ações imediatas e futuras a favor da sustentabilidade ambiental é desafiante.

O *software* como objeto “virtual” não tem *per si* a capacidade de consumo energético, pelo que é o hardware “fisicamente” o consumidor dos recursos energéticos. Acredito que a relação entre *software* e *hardware*, pelo facto do primeiro ser feito pelo ser humano sem que haja um procedimento uniforme e padronizado (e pelo menos não tão universal como a construção do hardware) não estará totalmente otimizada, e ainda que, no limite nunca alcance 100% de otimização, devemos fazer um esforço suplementar para que a relação seja a mais vantajosa possível.

Assim, a presente dissertação pretende revelar a importância dos testes de *software* com o intuito de melhorar o desempenho energético do *software*, procurando também encontrar o limite comercial para a existência de vantagem económica.

Investigar-se-á, antes de tudo uma metodologia para traduzir os diferenciais de consumo energético, que seja simples de realizar e de custos controlados.

O intuito de ser simples e de custos controlados explica-se por si próprio pois o objetivo é que o estudo seja facilmente replicável para, por exemplo, se transformar num modelo de negócio, que apesar de ter em vista um “excedente financeiro”, consiga pela poupança energética evitar o consumo de recursos ambientais superiores, e só com isso já estaremos a ser ambientalmente mais responsáveis.

CAPITULO I – O PARADIGMA ENERGÉTICO MUNDIAL

Humanidade e Tecnologia

A humanidade, dentro do período em que temos parciais de consciência (últimos cinco a dez milénios), evoluiu muito mais do que apenas do ponto de vista biológico. Ou seja, fez uma evolução pelo uso incremental da tecnologia nos seus costumes (inicialmente apenas no conceito *Hardware*). Este incremento de tecnologia sucessivo na história da humanidade fez com que o ser humano se fosse distanciando da própria Natureza, pois por transformação desta criou novos materiais e vivências ao ponto de hoje já considerarmos uma existência de “objetos virtuais” e mesmo acreditarmos que temos uma “vida virtual”. Nada disto seria possível sem uma linguagem interpretativa – o *software*.

Ora o *software*, neste contexto, não é mais do que a desmaterialização da tecnologia para o nível lógico de computação, que não sendo palpável não deixa de ser gerador de novas funcionalidades e ferramentas para uso humano aos vários níveis de conhecimento, e que o nível de *hardware* só por si não explicaria ou seria incapaz de assimilar.

Não importa aqui saber se foi a sociedade/humanidade que fez evoluir a tecnologia, e em particular o *software*, ou o contrário, o que é verdade, é que de forma mutualista, ambas geram continuamente valor acrescentado e a humanidade avança.

“A relação entre tecnologia e sociedade pode ser entendida de formas opostas consoante o lugar que atribuímos a cada uma delas: ou a tecnologia está fora da esfera de influência da sociedade e atua do exterior sobre esta como uma força de transformação e dinâmica social, ou então a tecnologia é parte integrante da esfera social e é modelada através dos processos e procedimentos que se sucedem no interior desta.” (Damásio, 2004)

O Paradigma Energético

A evolução da tecnologia esteve sempre associada a um fator que até às revoluções industriais era quase impercetível e/ou inteligível – o consumo energético. Este consumo prévio às revoluções industriais acontecia, essencialmente pela queima da biomassa (exemplo madeira), pelo uso da força presente nos recursos hídricos ou ainda pelo uso de animais domesticados.

Assim, as revoluções industriais ocorridas entre os séculos XVIII e XIX foram efetivamente os primeiros momentos em que a humanidade sistematizou o uso da energia para todas as suas atividades de forma mecânica.

Em termos de energia do tipo “elétrica” o seu uso só foi sistematizado e democratizado no final do século XIX / início do século XX (U.S. Department of Energy, 2013), em grande parte devido ao resultado da guerra comercial entre os líderes empresariais “Thomas Edison” (corrente contínua) e “Nikola Tesla” (corrente alternada).

Na atualidade, o consumo de energia tem diversas origens (petróleo, gás, nuclear, hidro, eólica, carvão, etc.) e quantitativamente é enorme 13.113 Mtoe¹ (KWES, 2013). Atualmente o consumo de energia é a base da nossa sociedade em todas as suas funções.

Do consumo energético global 17,7 % (1.531Mtoe) corresponde ao consumo elétrico que, por sua vez, recorre à utilização de fontes energéticas não renováveis em 68%².

Atendendo a que a “ocidentalização” do mundo foi realizada de forma não uniforme, não é de estranhar que 48.9% da eletricidade esteja a ser gerada nos países da OCDE, a par de uma produção residual no continente africano (3,1%).

O planeta está portanto sob grande pressão ambiental, atendendo que o consumo de energia se faz pela utilização de recursos energéticos não renováveis que provocam a libertação de 31.342 Mt³ (KWES, 2013), de CO₂ gás causador do denominado efeito de

¹ Designação inglesa: Million Tonnes of oil equivalent

² Designação inglesa: 2011, Coal/peat 41.3% + Oil 4.8 % + Natural Gas 21.9 %

³ Designação inglesa: – Million Tonnes

estufa. Mesmo considerando apenas o equivalente à produção elétrica (17,7%) encontramos ainda assim um valor enorme – 5.548 Mt de CO₂.

Por último, apesar de quase 50% da eletricidade ser gerada nos países da OCDE a emissão de CO₂ por parte destes países é mais reduzida (39,4%) o que quer dizer que, apesar de tudo, eles estão a apostar na produção de energia elétrica de origem renovável e principalmente não emissora de CO₂ (não é de todo desprezível a energia elétrica com origem nuclear não emissora de CO₂ mas cuja categorização como “fonte renovável” é discutível). Já o continente africano, curiosamente, apresenta uma relação direta entre a produção de eletricidade e a emissão de CO₂ (3,1%).

O CO₂ e o Efeito de Estufa

O efeito de estufa é um processo natural que promove o aquecimento da Terra, sendo importante na manutenção da temperatura do planeta permitindo a existência de condições sustentáveis à vida, isto é, em vez da temperatura do planeta Terra se situar em 18°C negativos, apresenta uma temperatura média de 14°C (Associação O Eco, 2013).

De forma sintética, cerca de 35% da radiação solar enviada para o planeta Terra é refletida à entrada na atmosfera, enquanto 65% fica retida na superfície do planeta por ação de uma cintura de gases de “estufa” que agem como isolantes. São considerados gases de estufa o vapor de água (H₂O), o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e os cloro-fluor-carboneto(s) (CF_xCl_x).

Na atualidade, o processo de efeito de estufa deixou de ser algo completamente natural, estando adulterado e sobredimensionado pela ação antropogénica e da tecnologia de que faz uso. Por esta razão a superfície da Terra recebe quase o dobro da energia da atmosfera do que a que recebe do Sol. Isto quer dizer que, em termos médios, desde o início da industrialização (Séc. XIX) da humanidade a temperatura global para um valor em torno dos 30 °C (wikipedia, 2014).

“É muito provável que a maior parte do aquecimento observado desde meados do século XX se deva ao aumento das concentrações de gases com efeito de estufa (GEE), resultantes das emissões provocadas pela atividade humana” (AEA, 2014)

Caso a humanidade e a sua tecnologia continuem a emitir gases de estufa de forma não controlada para a atmosfera, não poderão evitar as consequências do fenómeno que já se apelida como “aquecimento global” ou ainda as já muito debatidas “alterações climáticas”.

Alterações climáticas

“As alterações climáticas são já uma realidade: as temperaturas estão a aumentar, os padrões da precipitação estão a mudar, os glaciares e a neve estão a derreter e o nível médio das águas do mar está a subir. É de esperar que estas alterações prossigam e que se tornem mais frequentes e intensos os fenómenos climáticos extremos que acarretam perigos como inundações e secas.” (AEA, 2014)

É reconhecido pelas instituições a que se atribui a representação da humanidade – Nações Unidas – que está em curso uma alteração climática e que para sobrevivência coletiva das espécies (onde o Homem se inclui) é necessário abrandar as causas que estão no seu processo de aceleração, atendendo a que a reversão do impacte ambiental já não é possível (AEA, 2014).

O debate de como se poderia fazer um processo de desaceleração passou pela definição de limites ao aumento de temperatura média global, sendo estabelecido um aumento máximo ideal de 2 °C, que eventualmente poderá ir até 4 °C, com base nas temperaturas médias da época pré-industrial (SRWEIO, 2014) até ao ano 2035. De acordo com Nicholas Stern (2009) haverá poucos vencedores caso o resultado da nossa civilização seja o aumento da temperatura na ordem dos 4°C pois as catástrofes naturais serão inevitáveis. Não obstante os afetados diretamente com cada catástrofe num dado momento, o seu efeito será muito maior do ponto vista macro, com a deslocação de milhões de pessoas num regime de migração permanente entre territórios menos “seguros” e “ambientalmente instáveis” para

outros com características opostas. Estes “refugiados das alterações climáticas” (Stern, 2009) farão surgir tensões nas sociedades pelas quais estarão em trânsito que, no limite, levarão à existência de conflitos armados no controlo de fronteiras e dos recursos naturais.

Tendo o mundo, na atualidade, vários blocos económicos, apenas a União Europeia aparenta ter assumido um compromisso responsável e sério na defesa do ambiente ao definir, por exemplo uma meta de descarbonização total para o ano 2050 de toda a energia gerada para o consumo de eletricidade (SRWEIO, 2014 pp: 114). Ou seja, toda a energia fornecida pela rede elétrica europeia deverá ser produzida sem que haja emissão de CO₂ e tendencialmente de fontes de energia renováveis. Já em 2030 a União Europeia espera ter reduzido para 40% a emissão de gases de efeito de estufa (face aos níveis de 1990) (SRWEIO, 2014, pp:22).

Efetuar a transformação para uma sociedade que não vive sustentada no carbono não é fácil além de ser um processo que exige elevados recursos financeiros e ainda que seja mais fácil fazer essa transformação nuns sectores económicos do que noutros. Neste aspeto, o setor da energia/eletricidade é provavelmente o setor que mais facilmente poderá contribuir para a diminuição de emissões de CO₂, seja por via da obtenção de energia exclusivamente não poluente, seja pelo aumento da eficiência energética na parte do consumo.

“As melhorias na eficiência com que usamos a energia proporcionam as maiores oportunidades para reduzirmos o consumo energético – e as emissões de CO₂ – ao mesmo tempo que poupamos dinheiro e aumentamos a produtividade. As melhorias na eficiência são também de longe, a solução mais eficaz em termo de relação custo-benefício para crise climática, e podem ser postas em prática mais rapidamente do que qualquer uma das outras soluções. Além disso a experiência demonstra daqueles que se concentraram neste recurso que ele é praticamente inesgotável, porque a inovação na eficiência é, num sentido muito real, inerentemente renovável.” (Gore, 2009, pp: 244)

Independente do desafio existe uma verdade insofismável: “a conexão entre carbono e energia pode ser desfeita” (Stern, 2009, pp:227).

Correções de assimetrias futuras no consumo energético por via de um mercado de créditos de carbono

Os países considerados, na atualidade, como estando em desenvolvimento contêm em si a grande maioria da humanidade com 5,7 mil milhões de habitantes (de um total de 6,7 mil milhões habitantes), e espera-se que em 2050 sejam 8 mil milhões, de um total mundial de 9 mil milhões (UN, 2014). Assim sendo, e reconhecendo a justificação histórica de que a igualdade de oportunidades entre os povos não pode ser negada, o acesso à tecnologia que permita as sociedades evoluírem rapidamente, em particular a tecnologia grande emissora de CO₂ como por exemplo a construção centrais termoelétricas não pode ser impedida.

Porém os países em vias de desenvolvimento devem estar preparados para os cortes mundiais de emissões de CO₂ previstos ocorrem até ao ano 2050, pelo que devem fomentar o seu próprio crescimento à base de tecnologias não emissoras de carbono, ainda que, eventualmente, possam ser mais caras momentaneamente. Podem, ainda, procurar ser o mais eficientes possível do ponto de vista energético (seja pela otimização do consumo, ou pela redução de perdas no transporte de energia), por imitação das melhores práticas dos países desenvolvidos (Stern, 2009).

Ultrapassar a limitação monetária de aquisição de tecnologia (mais cara) geradora de energia sem recurso à emissão de CO₂ para os países em vias de desenvolvimento, é tornar cada vez mais relevante o mercado global de carbono conseguido pelo Protocolo de Quioto em 1999.

A quotização voluntária de toneladas de CO₂ emitidas pelos países signatários do protocolo de Quioto com a constituição de um mercado de créditos de carbono foi uma peça fundamental para não se continuar a degradar da biodiversidade. Assim, o comércio internacional de emissões assenta em três princípios racionais que me parecem propícios ao sucesso:

- 1) Impõe um teto às emissões de CO₂ em todo o mundo, pelo que também fica clara a quantidade que deve ser reduzida em cada ano e por quem;
- 2) A competição pela compra de créditos de carbono favorece a venda destes pelos países em vias de desenvolvimento (que na atualidade tem excedentes pela questão histórica de

não lhes ser negado o direito ao desenvolvimento) enquanto encarece o uso de créditos adicionais aos previstos nos países já desenvolvidos. Isto também faz aumentar a procura de soluções alternativas às tecnologias emissoras de CO₂;

3) O financiamento privado obtido pelos países em vias de desenvolvimento na venda de créditos poderá ser utilizado para a aquisição de tecnologias novas e de baixo perfil emissor de CO₂ aos países desenvolvidos (que está a ser desenvolvida para estes evitarem a compra de créditos). Assim, a base das suas sociedades será criada de forma muito mais sustentável a longo prazo não sendo (também) necessária a redução da velocidade de desenvolvimento das sociedades.

Sustainable energy for all – Energia sustentável para todos.

“A noção de sustentabilidade está relacionada com esta ‘abordagem pelos direitos’, e defende que devemos ‘sustentar as oportunidades’ da próxima geração de modo a que as suas liberdades não sejam menos do que aquelas de que desfrutamos”. (Stern, 2009, pp:125).

De acordo com Agência Internacional de Energia (AIE) no relatório especial sobre uma visão do investimento em energia no mundo (2014), hoje, 1,3 mil milhões de pessoas, isto é, uma pessoa em cada cinco da população mundial, não tem acesso à eletricidade, e 2,6 mil milhões de pessoas utilizam a combustão de biomassa para cozinhar e se aquecerem.

Por outro lado, está em curso a maior migração de pessoas a que humanidade assistiu num curto período de tempo (Wish, 2009), isto é, a transição *farm to firm*, a transição do meio rural para o urbano.

No início do século XX, duas em cada 10 pessoas viviam em área urbana, em 1990 menos de 40%, em 2010 mais de metade da população e prevê-se que em 2050, sete em cada 10 sejam habitantes citadinos (GHO, 2014).

Recolhidos estes dados e somando a informação de que mesmo quando a rede elétrica está instalada e disponível no território permanece a incapacidade económica individual dos cidadãos mais pobres se ligarem à mesma, o que quantitativamente corresponde a milhões

de indivíduos, percebemos o motivo da Nações Unidas terem tomado a Resolução 65/151 já em 2010, dedicando o ano de 2012 como “Ano da energia sustentável para todos” (Sustainable energy for all).

Reforço que o nosso estado civilizacional atual assenta numa dependência energética total, pelo que a sua disponibilização a todos os cidadãos é essencial para o cumprimento de todos os “Objetivos do desenvolvimento do Milénio”, como “Acabar com a Fome e Miséria” (1º) ou ainda a proporcionar “Educação Básica de Qualidade para Todos” (2º) (UNMDG, 2014).

Após as ações desenvolvidas em 2012 pelas Nações Unidas verificou-se que esta temática não poderia ser apenas de um ano pois o alcance de resultados era curto para um espaço temporal também ele curto. Por isso, foi adotada a Resolução 67/215 para dedicar uma década inteira à temática – “2014-2024: The United Nations Decade of Sustainable Energy For All” (2013). Nesta revisão aumentada (pelas Nações Unidas) são focados três objetivos concretos para serem alcançados até 2030:

- 1) Assegurar o acesso universal a serviços modernos de energia;
- 2) Duplicar a taxa de eficiência energética;
- 3) Duplicar a taxa de uso de energias renováveis na obtenção global de energia.

Estes três objetivos são de extrema importância para a concretização de uma sociedade solidária, humanitária e igualitária. Porém o objetivo principal é mesmo que a energia chegue a todos, pois se assim não acontecer, não existirá extração de água dos poços, não existirá educação para todas as crianças (em particular no período noturno), não existirá o acondicionamento dos nossos bens alimentares e medicamentos, ou mesmo a prestação de serviços de saúde avançados.

O fator empresarial também deve ser tido em conta, pois sem fornecimento de energia em condições estáveis dificilmente ocorrerá a instalação de unidades industriais ou de serviços que empreguem a população e permitam o aumento do rendimento disponível.

Não querendo desconsiderar os restantes dois objetivos definidos pela ONU, faço uma pequena referência ao objetivo da eficiência energética, pois a presente dissertação de mestrado integra-se nesse âmbito, isto é, procurar tornar uma necessidade civilizacional (utilização de *softwares*) menos consumidora de recursos energéticos o que só por isso torna possível a utilização da energia remanescente para outras situações. Ou seja, a eficiência

energética é a uma forma prática de, tendo uma mesma capacidade de distribuição de energia, a podermos redistribuir a mais situações ou interlocutores pois individualmente se gasta menos.

A aposta na eficiência energética é também o processo mais barato de atender ao crescimento do consumo energético das populações de países em desenvolvimento porque é incomensuravelmente um processo mais barato do que construir novas infraestruturas de captação de energia renovável (eólica, solar, geotérmica, etc.) ou mesmo energias não renováveis (centrais termo elétricas).

“Energy is the golden thread that connects economic growth, increased social equity, and an environment that allows the world to thrive.” Secretário-geral das Nações Unidas – Ban Ki-Moon (2012)



Figura 1 – Ban Ki-Moon discursando na conferência RIO+20⁴

⁴ Fonte: <http://terraGaia.files.wordpress.com/2012/07/ban-ki-moon-secr-geral-onu-na-rio20.jpg>

CAPITULO II – SISTEMA DE COMPUTADOR

Apelida-se de sistema computacional ou computador o conjunto de dispositivos eletrônicos físicos (*hardware*) capaz de efetuar cálculos algorítmicos de acordo com determinados procedimentos definidos pela lógica (*software*).

Não obstante, é necessário existir um ator humano para interagir com o sistema e constituir-se assim um propósito de utilização.

Hardware

O termo *hardware* é de origem inglesa e representa um objeto físico eletrônico a que na área da informática regular e informalmente se passou a atribuir a designação de um componente indiferenciado de um PC (*Personal Computer* ou computador pessoal). Desta forma, é *hardware* um “disco rígido” assim como o é um “monitor” ou ainda os cabos que ligam os diversos componentes.

Computador

Um computador é constituído “por três grandes subsistemas: a unidade central de processamento (CPU – *central processing unit*), a memória e os dispositivos de entrada e saída (I/O – *input/output*)” (Rocio, 2010).

A interação e processamento de dados é o grande objetivo de um computador, pelo que os canais de comunicação entre os três subsistemas são fundamentais e convêm ser muito eficientes. Os três subsistemas encontram-se interligados pelo que se costuma designar placa mãe (*motherboard*).

CPU

O CPU (*Central Process Unit*) é o motor do sistema computacional. De acordo com Rocio (2010) as operações ocorridas podem ser as seguintes: instruções de transferência de

informação, instruções de transformação de informação (operações aritméticas, operações lógicas, deslocação e rotação, comparações), instruções condicionais, instruções de salto e chamada, entre outras.

Memória

A memória de um sistema computacional é o elemento que permite a guarda dos dados (elemento base) mas também programas. O CPU interage bastante com a componente de memória (principal) porque permite iterações muito rápidas, sendo que à informação transacionada poderemos apelidá-la de três tipos de acordo com Rocio (2010): endereços, dados e informação de controlo. A informação é transmitida em simultâneo, dividindo-se três partes: bus (canal) de endereço, bus (canal) de dados e o bus (canal) de controlo.

Este tipo de memória tem limitações, como a sua dimensão e ser uma memória temporária, isto é, os dados em trânsito só “existem” enquanto o sistema computacional estiver “ligado” a uma fonte de energia. Por esse motivo existe uma memória secundária para armazenamento perene (logo não dependente da existência de corrente elétrica constante) como são os discos rígidos. O grande inconveniente deste tipo de memória é a sua velocidade de acesso, que não corresponde à velocidade sob a qual o CPU pode interagir dados. Com a evolução tecnológica esta situação está aos poucos a ser invertida à medida que os discos SDD (*solid-state drive*) baixam o seu preço de venda e portanto são massificados. Existem outras tipologias de memória secundária não acoplada de forma inflexível aos sistemas computacionais como os CD, DVD, etc..

Dispositivos de Entrada e Saída

Os dispositivos de Entrada e Saída (E/S⁵), não são mais que todas as extensões associadas a um computador, nas quais poderemos, por exemplo, incluir os dispositivos de memória secundária. O processador comunica com os dispositivos I/O pelos mesmos três canais já referidos: bus de endereço, de dados e de controlo. De acordo com Rocio (2010) a grande diferença entre a memória e os dispositivos de I/O é que a memória é passiva ao nível da comunicação com o processador, enquanto os dispositivos I/O podem apresentar uma

⁵ Na terminologia Inglesa I/O (*Input/output*)

comunicação ativa. Por exemplo o *hardware* “rato” apresenta um “cursor virtual” no dispositivo também externo que é o “monitor”, e este objeto virtual (“cursor”) desenvolve ações ao nível do *software* que provocam reações e normalmente necessidades de processamento.

Consumo Energético Tipo – PC

Um computador pessoal ou pc é constituído tipicamente por um monitor, um teclado, um rato, uma torre por vezes também apelidada de CPU (adquirindo assim a nomenclatura do principal componente). No caso dos dispositivos móveis como os portáteis todos estes objetos coexistem num objeto único.

A torre do pc contém um processador/CPU, uma placa mãe, uma ou várias memórias RAM (*Random Access Memory*), um ou vários discos rígidos, uma ou várias placas gráficas, um ou vários processadores, uma fonte de alimentação, um ou vários sistemas de refrigeração, um ou vários leitores de CD/DVD /Blu-ray e ainda diversos cabos que interligam os diversos componentes.

Em termos de consumo energético por componente, numa arquitetura tradicional de desktop, verificamos os seguintes valores, de acordo com o *site* buildcomputers.net (2014):

- CPU
 - Intel Low End CPU (i3 – 2 cores) 55 - 73W
 - Intel Top End CPU (i7 – 8 cores) 130 – 150W
 - AMD Low End CPU (A4 - 2 cores) 65W
 - AMD High End CPU (FX 9590 - 8 cores) 95 – 125W
- Placa-mãe
 - Regular Motherboard 25 – 40 W
 - High End Motherboard 45 – 80 W
- Memória Ram
 - DDR1 RAM (2.5 Volts) 4 – 5.5 W
 - DDR2 RAM (1.8 Volts) 3 – 4.5 W

- DDR3 RAM (1.5 Volts) 2 – 3 W
- Placa gráfica (opcional)
 - Low End Graphics Card 25 – 86 W
 - Top End Graphics Card 240 – 350 W
- Disco Rígido
 - Solid State Drive SSD 0.6 – 2.8 W
 - 2.5" Hard Disk Drive HDD 0.7 – 3 W
 - 3.5" Hard Disk Drive HDD 6.5 – 9 W
- Drives óticas
 - DVD Drive 15 – 27 W
 - Blu-ray Drive 25 – 30 W
- Dissipadores de calor (ventoinhas)
 - 80 mm Case Fan (2,000 RPM) 0.6 – 1.8 W
 - 80 mm Case Fan (3,000 RPM) 2.4 – 3 W
 - 140 mm Case Fan (1,000 RPM) 0.9 – 1.7 W
 - 140 mm Case Fan (2,000 RPM) 4.2 – 6 W

Verifica-se, portanto, a possibilidade de um computador necessitar de apenas 150 watts ou outro que suba muito acima de 600 watts.

Sistema Operativo

O sistema operativo (SO) é um conjunto de tarefas ou programas que controlam os recursos do sistema – *hardware* – através de *software*. De acordo com Rocio (2010) pode-se afirmar que o SO é a primeira camada de *software* de um sistema informático.

O sistema operativo não é executado imediatamente após se ligar um CPU mas sim após ligação de um programa chamado BIOS (*Basic Input/Output System*), que procura por um SO

numa qualquer unidade de armazenamento. É por este motivo, que apesar de termos normalmente um SO pré-instalado num disco rígido (memória secundária), poderemos experimentar outros que façamos correr a partir de unidades de armazenamento portáteis como “pens”.

Na atualidade, sob um determinado SO existe um sem número de aplicativos que serve os mais diversos objetivos do utilizador, desde o lazer ao profissional.

Os SOs mais antigos não impediam que as aplicações ou programas interagissem diretamente com o *hardware*, porém hoje em dia tal situação deixou de se verificar, principalmente por dois motivos: porque a variabilidade do *hardware* é imensa e por causa das questões de segurança do sistema, nomeadamente contenção de problemas com origem em vírus informáticos. Assim, na atualidade, os SOs modernos apresentam duas funcionalidades principais: disponibilização de uma máquina virtual padrão e a gestão dos recursos do sistema (físico) de forma opaca e discreta ao utilizador.

Interação com o Utilizador

Os SOs mais antigos utilizavam uma interface de linha de comandos, visualmente pobre, mas na atualidade são raros os SOs que não um tem ambiente gráfico/pictórico GUI (*graphical user interface*) bastante rico para a manipulação de objetos virtuais como programas e/ou ficheiros.

Tipos de SO

Os SOs podem ser classificados quanto à possibilidade de terem a operar um ou mais utilizadores, pelo que podem designar-se de monoutilizador ou multiutilizador. Destaque-se que os sistemas multiutilizadores permitem que haja uma separação física dos ficheiros de cada utilizador, dos programas ou mesmo das preferências ou personalizações na interface do SO. A separação física dos ambientes tenderá a ser inviolável por utilizadores correntes do mesmo SO, se assim for requerido (nível de permissões possível de ser configurado).

Um SO pode ser acedido remotamente a partir de outra máquina, pelo que num determinado momento podem coexistir em operação dois ou mais utilizadores sem que isso seja claramente perceptível.

Os SOs também podem ser classificados quanto à capacidade que têm para gerir o processamento dos programas/aplicações, isto é, podem ser do tipo monoprocessamento ou multiprocessamento. Os SOs monoprocessamento obrigam a que para se executar um segundo programa, o primeiro esteja encerrado, já os SOs do segundo tipo, podem “aparentar” executar vários programas ao mesmo tempo sem perda dos dados “temporários”.

Os sistemas Windows®, Linux e MAC OS são multiprocessamento e multiutilizadores, pelo que são bastantes flexíveis e avançados.

SO e Gestão de Recursos (Físicos)

Um SO gere, essencialmente, quatro vetores: sistema de ficheiros, execuções de processos alocação da memória principal e interações com dispositivos I/O.

No tópico do sistema de ficheiros importa referir que existem várias tecnologias disponíveis com diferentes vantagens e desvantagens, em parte com o seu uso dependente do *hardware* instalado, tais como FAT32 ou NTFS para gestão de dados ao nível do disco rígido (memória secundária perene). Ainda assim, existem denominadores relativamente gerais como a existência de uma hierarquia de pastas ou diretoria de pastas, em que cada ficheiro está num determinado endereço/caminho/*path*. Esta estrutura de pastas é virtual, responsabilidade do SO e não tem correspondência com a organização real do disco.

Processos, de acordo com Rocio (2010) definem-se como programas em execução. Assim, cabe ao SO fazer a gestão de que processos estão em execução, que quantidade e quais as posições de memória principal associadas, e ainda problemas com concorrência de recursos (dois processos querem utilizar uma webcam em simultâneo, por exemplo).

Um terceiro ponto de ação de um SO é a gestão de memória total disponível, isto é, a conjugação da memória principal mais a(s) memória(s) secundária(s). Como já foi indicado a quantidade de memória principal alocável é relativamente reduzida, porém o seu acesso é muito rápido face por exemplo a um disco rígido (memória secundária) que em contrapartida tem bastante memória disponível. Desta forma, cabe ao SO gerir o

compromisso entre as necessidades de memória e a velocidade necessária para a realização de operações num intervalo otimizado de tempo. O SO na gestão deste compromisso socorre-se de várias técnicas como por exemplo, a existência de um mecanismo de memória virtual que faz com que os programas pensem ter memória primária disponível para operar, quando na verdade só parte da informação em tratamento está na memória principal pois o restante está na memória secundária.

Por último, nas funções do SO referenciadas é importante percebermos o porquê da gestão de dispositivos. Acontece que interagir com uma multiplicidade de componentes externos não é fácil, atendendo à globalização dos fornecedores de *hardware*. A existência de um Gestor de Dispositivos é, assim, essencial para lidar com protocolos de comunicação com o *hardware* proprietários (logo não padrão), características técnicas ou funcionalidades no *hardware* muito específicas. Tipicamente acompanha o *hardware* um conjunto de “drivers” para fornecer mecanismos ao gestor de dispositivos do SO as formas possíveis de interação.

“Famílias” de SO

Os sistemas operativos que na atualidade representam mais de 90% dos utilizadores têm a sua origem nos anos de 1980 e poderemos agrupá-los em três linhagens/empresas: a) Windows®/Microsoft®; b) Mac OS® X / Apple®; e c) Linux / Linus Benedict Torvalds.

Acontece que os sistemas operativos que acabámos de citar destinam-se a estações de trabalho comuns / PC, mas o segmento móvel atual, com a massificação de *tablets* e *smartphones*, está a revolucionar o mercado pois oferece quase as mesmas capacidades de processamento e funcionalidades, embora assentem numa outra filosofia de negócio e de usabilidade. Os SO mais representativos deste novo segmento de mercado são o Android da Google®, o IOS da Apple®, o Windows Phone® da Microsoft® e o Blackberry® OS 10 da Blackberry®.

Software

O termo *software* pretende ser o antónimo de *hardware* e ao mesmo tempo o seu complemento, isto é, *software* é um conjunto de instruções capazes de serem executadas por uma estrutura física (o *hardware*). As instruções do *software* são compostas por comandos e declarações de dados, armazenáveis e em meio digital.

A BIOS é *software*, bem como o SO ainda que sejam softwares tão específicos que existem por si só, e por esse motivo são apelidados de software de sistema. Por outro lado, comumente atribui-se o termo *software* para programas ou aplicações que realizam tarefas sob um qualquer SO (termo que tem ganho espaço com o aumento de uso dos SO em dispositivos móveis). Por exemplo, para escrever um texto, visualizar um vídeo ou navegar na internet utiliza-se um *software* aplicativo.

Novamente em oposição ao *hardware* que, em termos contabilísticos, é imobilizado (porque existe), o *software* é um bem de capital.

Um *software* com um determinado objetivo/função é tão importante como uma máquina física para executar uma determinada tarefa. Por exemplo, uma calculadora virtual tem a mesma importância que uma calculadora física, com a melhoria de só consumir recursos se o seu programa for executado, ainda que exista e esteja sempre acessível no espaço virtual de um utilizador.

O *software* pode ser construído por todo e qualquer cidadão que o deseje, bastando para tal usar *software* de programação e conhecer a linguagem interpretativa da qual faz uso, para que o SO perceba quais são as instruções e a finalidade da execução do *hardware*.

Utilizador(es)

O elemento final e sem o qual nem *hardware* nem *software* fazem sentido existir são os utilizadores. Cabe ao utilizador operar um computador e utilizá-lo para cumprir os seus objetivos.

De acordo com Nunes (2007) e Damásio (2004) da atual sociedade de informação, emergiu o setor quaternário que é composto pelas indústrias criativas e intelectuais assentes nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). As TIC submeteram milhões de indivíduos ao uso diário da computação que, na sua vertente imaterial e virtual, depende do uso exclusivo do *software* para cumprimento das suas rotinas pessoais e profissionais.

Sistemas Computacionais no Mundo

Para termos noção de como as TIC são importantes é necessário termos dados da sua utilização.

Atendendo a que não é fácil quantificar por via direta a utilização das TIC irei socorrer-me de dois indicadores quantitativos reais e consoante o caso recorrerei aos dados possíveis de serem confirmados por qualquer auditor para levar a bom termo o estudo a que me propus.

O primeiro indicador que vou apresentar é aquele que julgo ser mais pertinente e mais fiável para o apuramento da quantidade de sistemas operacionais no mundo: **número de indivíduos que acedem à internet.**

Este indicador reflete de forma bastante real a quantidade de pessoas que diariamente operam num terminal de computador. A crítica possível a este indicador advém de não cobrir a sua utilização nos meios rurais nem nos países em desenvolvimento, pois operar um PC não obriga a existência de uma ligação de internet, e assim esse PC não é contabilizado.

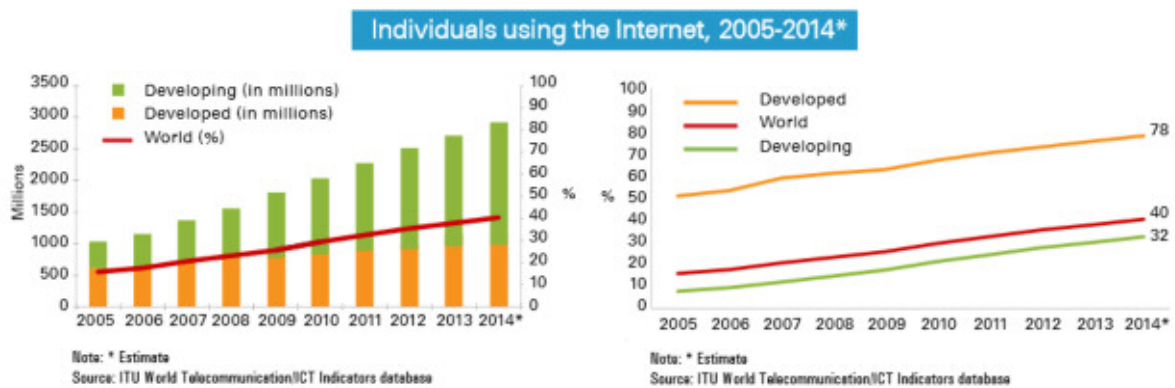


Gráfico 1 – Indivíduos que utilizam a internet, para período 2005-2014 (Adaptado de ICT6, Junho de 2014)

Dos dados recolhidos (ver gráfico nº1) verificamos que no mundo já existem mais de 2,5 mil milhões de utilizadores (2013) e que taxa de penetração no mundo em 2014, se estima ser na ordem dos 40% (ICT, 2014). Dos dados mencionados sabe-se que 78% dos utilizadores pertencem a países desenvolvidos e 32% a países em vias de desenvolvimento (ICT, 2014).

Quer isto também dizer que 4 mil milhões de pessoas não estão ainda ligadas à rede de internet e 90% destas se encontram nos países em via de desenvolvimento (ICT, 2014) principalmente no bloco Africano, Asiático e Oceânia. Apesar do estudo não indicar, existe outro considerando que pode ser tido em causa, que é o facto de os indivíduos poderem aceder à internet no mesmo dia a partir de diferentes dispositivos (por exemplo computador ou *smartphone*) e de determinadas localizações, consoante estejam no local de trabalho ou em sua casa.

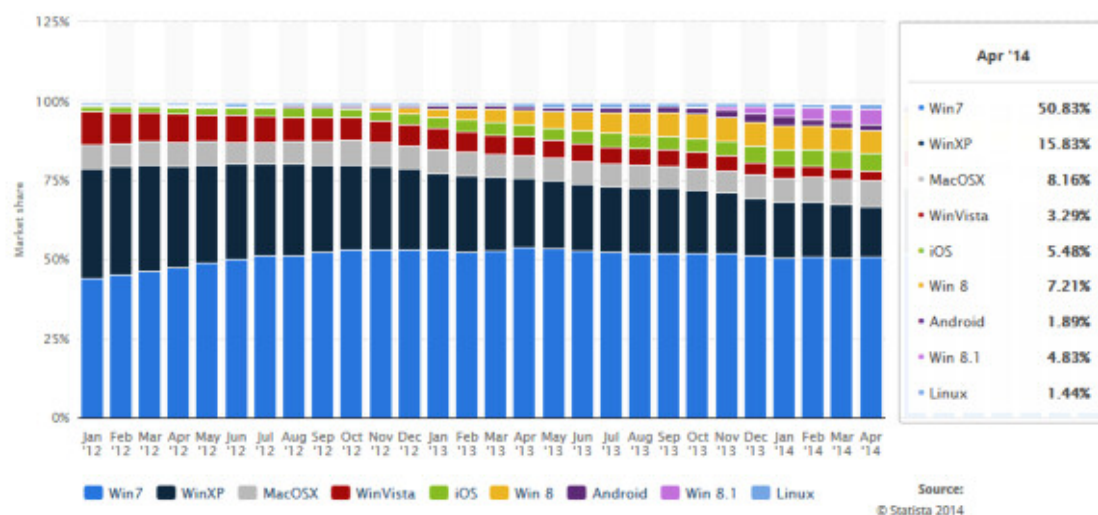
Um segundo indicador, para perceber qual a quantidade de computadores que existe no mundo poderá ser a **quantidade de licenças de sistemas operacionais vendidas** pelos operadores com maior quota de mercado na atualidade.

⁶ Fonte: http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/statistics/2014/ITU_Key_2005-2014_ICT_data.xls

<http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2014-e.pdf#search=ALL%28indicators%20people%20using%20ICT%202014%29%20%28DetectedLanguage%3D%22en%22%29>

Este indicador é menos eficiente para o apuramento do uso de PC essencialmente por dois fatores: a) após a venda do sistema operativo ele pode ser atualizado para um outro e de outro produtor de *software* e b) a pirataria de *software*, apesar de fazer crescer a quota de mercado, não é naturalmente, contabilizada como licença vendida.

Market share held by the leading computer operating systems worldwide from January 2012 to April 2014



Reading support

The statistic depicts the market share computer operating systems worldwide from January 2012 to April 2014. In January 2014, Win7 held a global market share of 50.27 percent.

Gráfico 2 – Evolução da quota de mercado dos SO para o período de Janeiro de 2012 a Abril de 2014, incluindo SO para dispositivos móveis.⁷ (adaptado da fonte)

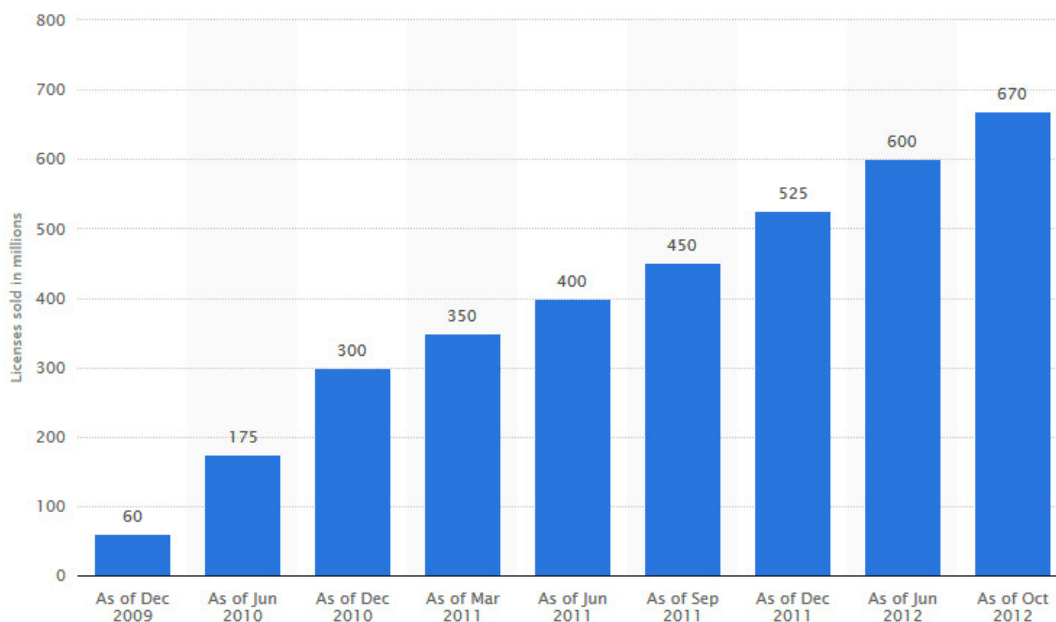
Do gráfico acima apresentado (nº2) poderemos verificar que o produtor de *software* Microsoft® tem a maior quota de mercado com o Windows® 7 a alcançar **50,83%**, seguido do Windows® XP com **15,83%** e só a seguir Windows® 8 e 8.1 com **12,04%**. O segundo produtor de SO, que é a Apple®, tem o ecossistema Mac OS® X com uma quota de mercado de **8.16%** e o IOS com **5.48%**.

Não foi possível encontrar valores para licenças de Windows XP vendidas, porém, como o sistema operativo já foi oficialmente descontinuado não será tido em consideração. Já o Windows 7 continua a ser vendido e, mesmo sob o Windows 8 (ou 8.1) é possível efetuar o *downgrade* (regressão). Assim, verifica-se que os dados para Outubro de 2012 (ver gráfico

⁷ Fonte: <http://www.statista.com/statistics/268237/global-market-share-held-by-operating-systems-since-2009/>

nº3) apontam para 670 milhões de licenças vendidas (no gráfico nº2, em Outubro 2012 a quota de mercado era de 52,93%).

Cumulative number of Windows 7 licenses sold worldwide from December 2009 to October 2012 (in millions)



Source:
© Statista 2014

Reading support

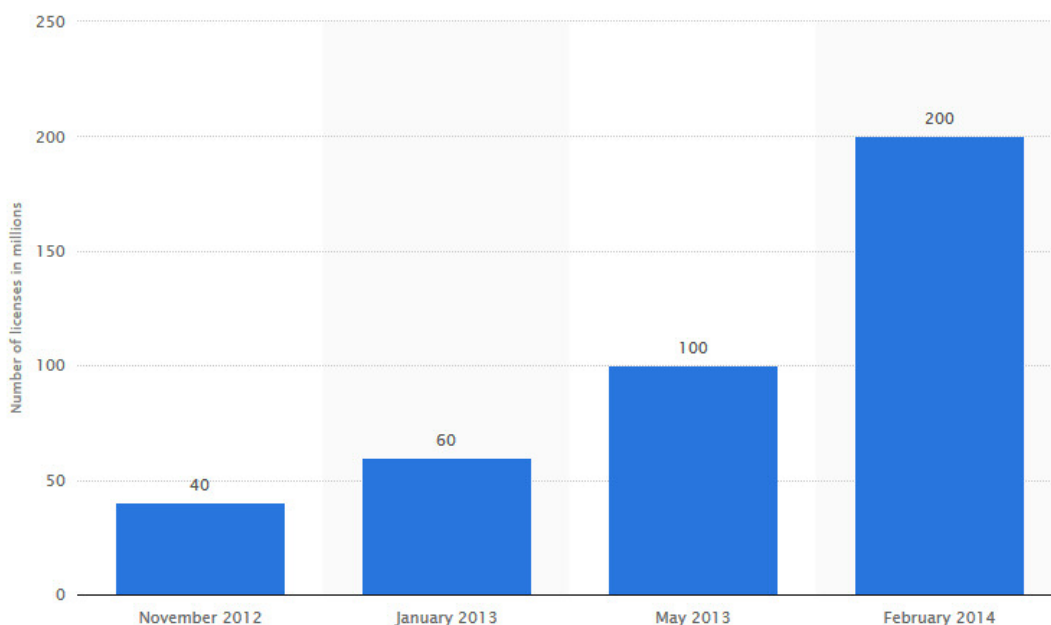
This statistic shows the cumulative number of licenses sold worldwide for Windows 7 from December 2009 to October 2012. As of June 2010, a total of 175 million Windows 7 licenses had been sold worldwide. By October 2012, this number had increased to 670 million.

Gráfico 3 – Evolução das licenças vendidas de Windows® 7. Valores em milhões e cumulativos para o período de Dezembro de 2009 a Outubro de 2012⁸

A última aposta da Microsoft® (Windows® 8 e 8.1), só pela força de vendas (ver gráfico nº4) impulsionadas pelos fabricantes conseguiu criar a quota de mercado que detém, pois em 15 meses (início em Novembro de 2012) vendeu apenas 200 milhões de licenças (em 15 meses o Windows® 7 tinha vendido 350 milhões de licenças).

⁸ Fonte: <http://www.statista.com/statistics/273490/global-amount-of-licenses-sold-of-windows-7/>

Number of Microsoft Windows 8 licenses sold worldwide from November 2012 to May 2014 (in millions)*



Source:
© Statista 2014

Reading support

According to Microsoft as of May 2013, approximately 6 months after release, the company had sold approximately 100 million licenses for Windows 8. This was up from 40 million in November 2012. As at February 2014, Microsoft had sold a total of around 200 million licenses of Windows 8.

Gráfico 4 – Evolução das licenças vendidas de Windows® 8, valores em milhões e cumulativos para o período de Novembro de 2012 a Fevereiro de 2014⁹ (adaptado da fonte)

O produtor de *software* Apple® apresenta um ecossistema fechado pelo que os seus SO só funcionam (teoricamente) nas plataformas de hardware montadas por ele mesmo. Assim, o SO Mac OS® X apresenta um lugar estável nas tradicionais estações de trabalho sendo que as suas vendas começaram em 2001.

Atendendo a uma necessidade de dados mais atuais, focar-me-ei apenas nas versões Mac OS® X Lion (v10.7) lançada em 2011, Mac OS® X Mountain Lion (v10.8) lançada em 2012 e Mac OS® X Mavericks lançada em 2013. Assim, na Worldwide Developers Conference, de Junho 2012, foi indicado que tinham sido vendidas 26 milhões de cópias de

⁹ Fonte: <http://www.statista.com/statistics/258594/number-of-microsoft-windows-8-licenses-sold-worldwide/>

Lion OS (Engadget, 2012) e que este foi o melhor resultado de sempre. Na conferência do ano seguinte foi indicado que o Mac OS Mountain Lion tinha vendido 28 milhões (Engadget, 2013) e já este ano (2014) na WWDC 2014 (Engadget, 2014) foi revelado que o SO Mavericks teve uma adesão de 40 milhões de utilizadores. Por fim, e também na WWDC de 2014 foi revelado que existem em todo o mundo 800 milhões de dispositivos móveis com o SO IOS.

Com estes resultados de licenças vendidas facilmente se compreende o domínio da Microsoft® no mercado.

No caso da Apple® não é fácil perceber a relação das suas vendas de licenças/dispositivos móveis com as suas quotas de mercado apresentadas no gráfico nº1, em particular para os dispositivos móveis com o SO IOS, ainda que saibamos que algumas ramificações do produto “iPod” utilizem uma versão minimalista do IOS, sendo este um dos produtos mais vendidos de sempre pela Apple® atingindo mais de 1 milhão de vendas (todas as versões) só entre os anos 2010 a 2012 (About.com, 2013).

CAPITULO III – TESTES DE SOFTWARE

Os testes de *software* são aferições qualitativas e quantitativas ao nível do código, funcionalidade ou característica de um programa de *software*, preconizados por profissionais que tendencialmente têm formação na área das tecnologias de informação. É considerada uma profissão relativamente recente – aproximadamente 5 décadas no mundo – e em Portugal poderemos dizer, com uma boa margem de confiança, que só no início do século XXI ganhou a importância e autonomia devidas.

Enquanto ser humano, um tester é essencialmente um “observador” valendo-se principalmente de duas capacidades sensoriais: a visão e a audição. Como nota e em relação ao facto do tester ser essencialmente um “observador” refere-se que, no espaço da psicologia, há um debate que parece não ter solução, sobre se o observador é conhecedor da verdade ou não, atendendo a que ninguém superiormente o avalia. Este debate, foi inclusivamente popularizado, há pouco tempo por um filme com a expressão “Who watches the watchmen?”.

Propósito do Teste de Software

O teste a um *software* não é mais do que executar o programa com o objetivo de encontrar erros (Myers et al, 2012). Apesar da definição de Myers (2011) ser muito objetiva e focada no âmbito do teste de *software*, também se avalia aquilo que o programa faz e o que não permite fazer, quantificando e qualificando assim o nível de qualidade do software alvo. O teste de *software* permite ainda ser preventivo a futuros problemas ou questões, sejam eles técnicos ou de negócio.

Globalmente, a execução de testes de *software* permitem aferir o risco de ocorrências problemáticas aquando da operação ou disponibilização do programa ou funcionalidade.

Não existe um limite para quando se devem parar os testes, sendo que a única verdade insofismável é que testar todas as possibilidades é impossível.

Atividade dum Tester de Software

Um tester exerce uma atividade plena em todo o ciclo de produção de *software*, desde a aferição da correta definição de requisitos à entrega do produto de software junto do cliente ou utilizador final.

Na definição de requisitos, por exemplo, um tester poderá contribuir para a resolução de ambiguidades, evitando assim que na fase seguinte os programadores despendam muito tempo a avaliar a forma de implementar determinada funcionalidade, ou mesmo implementem funcionalidades incompatíveis ou desajustadas ao funcionamento futuro do programa, entre outros fatores.

Na fase de conceção do programa o tester pode avaliar se estão a ser seguidas as normas padrão do projeto sem prejuízo de testes ao nível do código fonte para encontrar redundâncias ou outros problemas técnicos.

Em versões já estáveis do *software* serão feitos os primeiros testes funcionais, de acordo com vários níveis: componente, integrados, de sistema e de aceitação (ISTQB® Syllabus, 2011).

O tester pode ainda apoiar o utilizador final na entrega do produto dando-lhe formação sobre como este é operado.

Em suma, um tester é uma pessoa que acompanha e monitoriza toda a atividade em torno do produto de *software* com o objetivo de garantir a sua qualidade, mantendo um grande foco ao longo do processo no sentido de satisfazer as necessidades do cliente ou utilizador final.

Tipos de Teste

De acordo com o ISTQB® Syllabus (2011) um tipo de teste de *software* é orientado a um objetivo específico, que pode passar por ser **a)** uma funcionalidade (testes funcionais), **b)** uma característica (não funcional) como a fiabilidade ou a usabilidade (testes não funcionais), **c)** “estrutura ou arquitetura do software ou sistema”, ou ainda **d)** alterações corretivas ou evolutivas, intencionais ou não intencionais.

A tipologia do teste encerra em si, normalmente os procedimentos ou as ferramentas que são comumente utilizadas, ainda que não haja uma norma específica que seja 100% correta para todas as situações.

Técnicas de Teste

Atendendo a que um tester não interage apenas com o produto de *software* na sua fase de conceção mas com o processo que a ele conduz, podem ser agrupadas as técnicas de teste em dois blocos: as estáticas e as dinâmicas.

As técnicas estáticas acontecem quando o *software* não está em execução e analisa-se desde os modelos de negócio a implementar até à futura estrutura de base de dados (se aplicável). Sumariamente podem ser feitas “revisões” (de documentação técnica e negócio) ou utilizarem-se ferramentas de testes para análise do código fonte que permitam encontrar erros (bugs) ou ainda, com a mesma ferramenta de análise de código podem retirar-se métricas do código produzido, tais como o nível de complexidade, variáveis não utilizadas, código morto, prevenção de erros, vulnerabilidades de segurança, etc.

As técnicas dinâmicas têm como pressuposto a execução do objeto de *software* enquanto se avalia determinada funcionalidade ou característica. As técnicas dinâmicas, na grande generalidade dos casos, subdividem-se em dois blocos: **a)** técnicas baseadas nas especificações ou caixa-preta, e **b)** técnicas baseadas na estrutura ou caixa-branca.

Dizem-se testes de caixa-preta todos os procedimentos e interações, principalmente ocorridas ao nível de um GUI (*graphical user interface*), em que se desconhece por completo a forma como o *software* foi implementado, quer ao nível do código fonte, quer ao nível das tecnologias envolvidas no tratamento da informação. Estes testes são baseados na especificação de requisitos pelo que “normalmente” existem parâmetros a avaliar, nomeadamente **a)** um padrão de *inputs* considerados válidos, **b)** como deve o programa interagir visualmente com o utilizador, e **c)** que outputs são expectáveis.

Consideram-se testes de caixa-branca quando o tester tem acesso ao código fonte do *software* (ou diferentes softwares) e com isso tem condições para perceber que componentes

ou instruções estão a ser executados para cada input, e poderá ser capaz, inclusivamente, de validar como se gera *in loco* a formação do output.

Porém, podem existir casos ou situações em que as técnicas de teste sejam fruto de uma hibridação entre testes de caixa-preta e caixa-branca se daí advier um benefício evidente para o objeto/funcionalidade a testar.

Ainda que seja discutível tratar por si só uma técnica, um fator a ter em atenção é a experiência do tester. Isto é, um tester experiente na sua atividade permanente e diária adquire passiva e mesmo ativamente, determinadas competências (*skills*) que lhe permitem realizar *Exploratory Tests* (1) de forma eficaz ou mesmo saber em que determinadas circunstâncias o sistema irá encontrar uma falha *Error Guessing* (2) e ainda a técnica de *Monkey Tests* (3), que se destaca por tentar conjugar o fator “aleatoriedade” com a “estatística” e pode traduzir-se na obtenção de resultados muito interessantes.

Artefacto ou Ferramenta de Teste

Um processo de teste, ao ser bem pensado, traduzirá resultados positivos constantes com clarividência e fáceis de acompanhar enquanto o projeto decorrer.

O tester para controlar a sua atividade, socorre-se de dois tipos de artefactos ou ferramentas que são:

a) Artefactos organizativos ou administrativos – como um plano estratégico da abordagem aos testes (também apelidado de metodologia). Um plano de teste constituído por todos os casos de teste em que estão definidos vários *inputs* e *outputs*, uma matriz de cobertura dos requisitos pelos casos de teste, amostras de dados de input (válidos ou inválidos), matriz de classificação das falhas de software com exemplos, etc.

b) Artefactos operativos ou de aceleração do processo – como são *scripts* para correrem baterias de testes já automatizados, programas de *Print screen* ou *Vídeo Print screen*, ferramentas para executar teste de carga, ferramentas de gestão de requisitos, ferramentas de gestão de não-conformidades, ferramentas de gestão do *workflow* do processo, etc.

Orientação Psicológica do Teste

Apesar de ser uma evidência decorrente da atividade dos testes, existe mesmo uma orientação intencional por parte do tester quando este está a realizar o teste ao *software* (por exemplo no momento de uma execução exploratória) ou mesmo quando está a desenhar o caso teste, isto é, o tester procurará sempre validar o comportamento para dois tipos de *input* e *output*, os válidos e os inválidos, pelo que se diz que os testes podem ser feitos ao acerto ou ao erro, ou seja, serão testes pela positiva ou pela negativa, respetivamente.

O que são defeitos e falhas?

Um defeito acontece quando o objeto do *software* tem um problema no código fonte (erro ou bug) ou tem em si problemas de ambiguidade de comportamento por via de omissão nos requisitos (por exemplo condições de execução não previstas, incluindo questões ambientais).

Um defeito torna-se uma falha quando se manifesta durante a execução do programa confirmado que seja o seu comportamento e/ou output diferente do esperado.

Modelos de Desenvolvimento de Software

Na atualidade concorrem duas escolas de abordagens à forma como se fazem os testes de *software*: a escola clássica, genericamente representada pelos modelos *Waterfall* ou *V-Model* (ver figura nº 2 e 3) e a escola de metodologia Ágil (ver figura nº4), em que se incluem desde o *Extreme Programming* (XP) ao *Scrum* e mesmo o TDD (*Test-driven Development*), entre outras. Surgem ainda algumas abordagens híbridas, porém são ainda prematuras para serem consideradas.

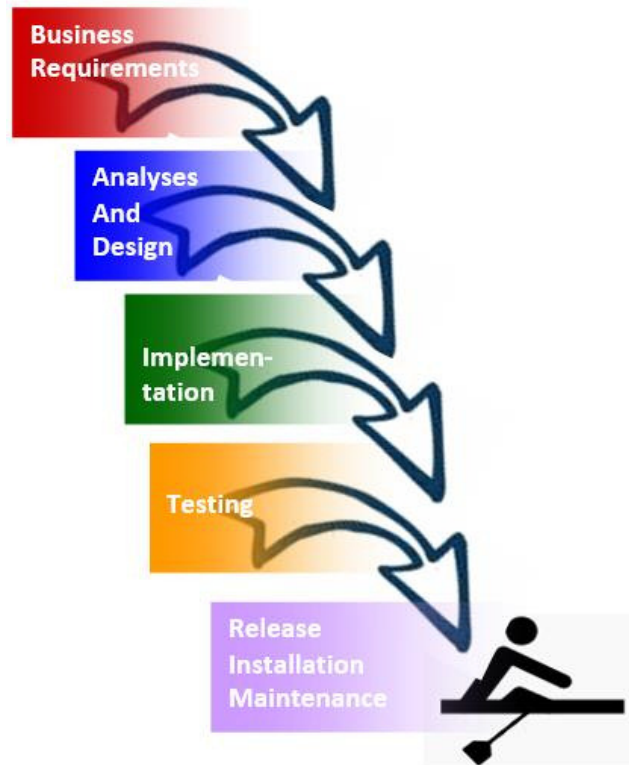


Figura 2 – Modelo de Desenvolvimento de *software* Waterfall por Royce (adaptado da fonte)

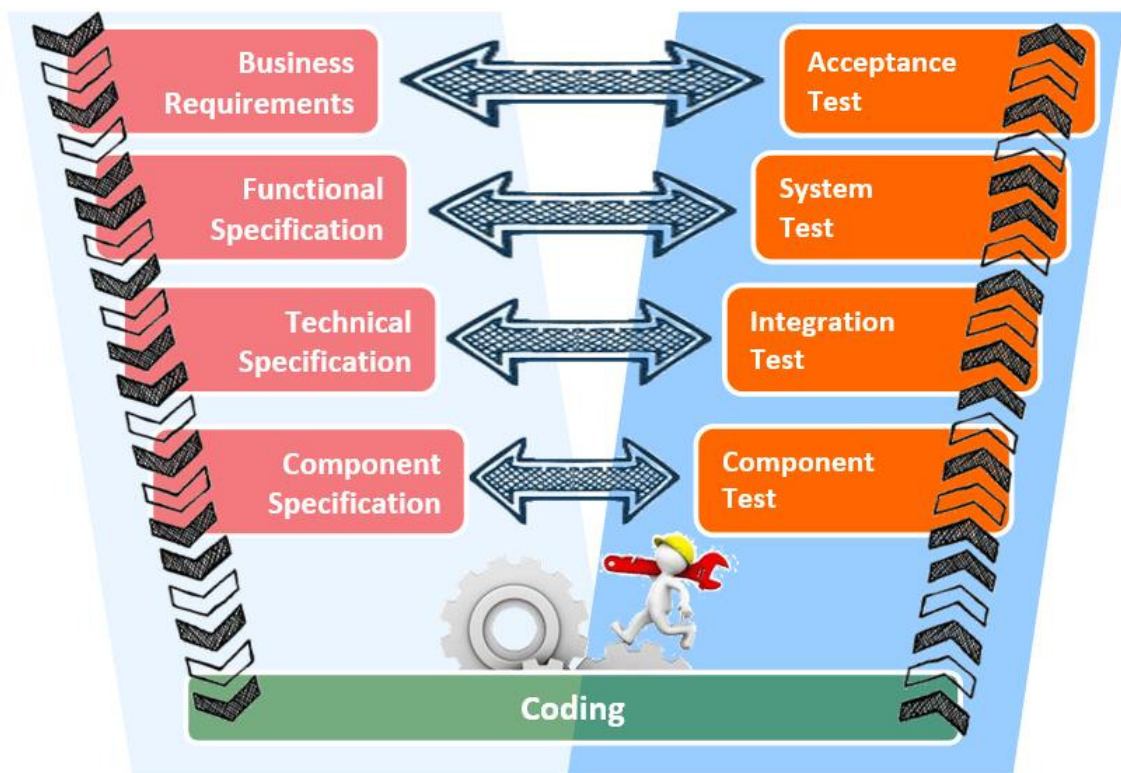


Figura 3 – Modelo de Desenvolvimento de *Software* em “V” (adaptado da fonte)

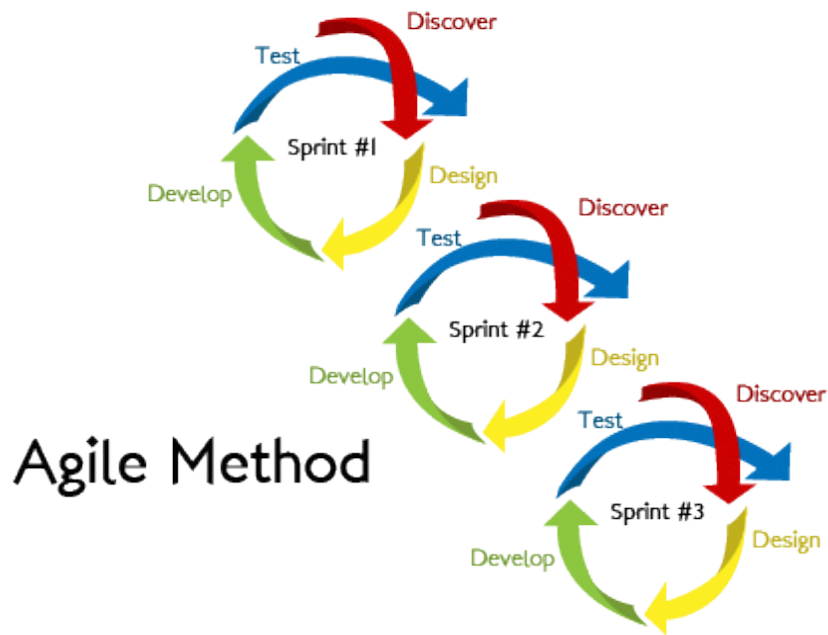


Figura 4 – Modelo de Desenvolvimento de *Software* numa Metodologia Ágil¹⁰

Funções e Perfis de Tester

Um tester, em qualquer função que desempenhe, fá-lo-á melhor se for independente e idóneo face aos responsáveis pela criação do código.

Existem tipicamente dois perfis de tester:

- a) O tester de “aceitação” – que tipicamente faz testes de caixa preta, não tendo qualquer competência prática ou ao nível de conhecimento académico que lhe permita criar código fonte, e, por isso mesmo, não percebe a linguagem técnica dos diálogos dos programadores, e
- b) O tester “programador” – que é alguém que percebe como se faz *código fonte* e utiliza esse conhecimento no seu dia-a-dia sendo que, habitualmente, está em tarefas que envolvem a criação de testes automáticos, gestão de ambientes virtuais de teste, criação de dados para *inputs* (por exemplo por criação de *Queries – SQL*), etc.

¹⁰ Fonte: http://www.commonplaces.com/sites/commonplaces.com/files/agile_method-01.png

De notar, porém, que um tester programador poderá realizar o mesmo tipo de tarefas (se solicitado) que um tester de aceitação, mas o contrário não é verdade.

Em termos de funções/papéis existem, na essência, três:

- a) O tester “operacional” – revê e avalia os requisitos criados pela análise, cria o plano de testes, cria casos de teste, usa ferramentas de teste disponíveis, obtém métricas do seu trabalho, etc. Hierarquicamente responde pela sua ação ao líder da equipa de testes.
- b) O líder da equipa de testes – implementa a estratégia de teste definida para cada produto/*software*, coordena e distribui o trabalho pela equipa de testers, analisa o que pode ou não ser automatizado (se aplicável), efetua o relatório dos testes, é responsável pelo ambiente de teste, etc. Hierarquicamente está no nível intermédio respondendo pela sua ação ao gestor do projeto de testes.
- c) Gestor de projeto – é o criador da estratégia de teste para cada produto/*software* em coordenação com o diretor de departamento informático (se aplicável); é quem define, do ponto de vista macro, quais são as ferramentas de teste mais adequadas para serem usadas a longo prazo no projeto e controla, do ponto de vista temporal, a concretização de metas/*milestones* do projeto. Hierarquicamente está dependente do diretor de departamento informático (se aplicável) ou do *sponsor* do projeto (exemplo diretor da área de marketing).

CAPITULO IV – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS SISTEMAS COMPUTACIONAIS

Num exercício de meditação, que antecede sempre o momento decisivo de nos lançarmos num trabalho completamente novo e inovador, recapitulei um pouco a minha vida profissional. Talvez tenha sido nessa altura que realmente tomei consciência do pequeno contributo que poderei vir a oferecer neste tema de charneira das novas tecnologias – a consciência ambiental.

Na verdade, desde que entrei na profissão de tester (2009) nunca tinha ouvido qualquer referência sobre testes para aplicações de consumo energético no nosso País (Portugal). A tira de banda desenhada presente na figura nº5 ironiza exatamente a ausência de textos sobre o tema.



Figura 5 – Ilustração da dificuldade do *software* contribuir para a eficiência energética¹¹

Os Primeiros Passos

Os primeiros autores que abordaram a causa energética do *software* do ponto de vista dos testes de software foram Brennan e Blatt, ambos no ano de 2008. Curiosamente a profissão parceira (os programadores de *software*) e no mesmo período temporal – 2007 a 2008 –

¹¹ Fonte:

http://dilbert.com/dyn/strip_strip/00000000/00000000/0000000/000000/00000/1000/800/1869/1869.strip.gif

divulgaram artigos e desdobraram-se palestras sobre o mesmo tema. Foram eles Steigerwald, Chabukswar, Krishnan e De Veja, em representação da Intel (principal construtora mundial de processadores no mundo à data de então) e Stemen em representação da Microsoft (principal construtora de sistemas operativos no mundo na mesma altura).

Brennan, numa apresentação realizada na EuroSTAR Conference 2008 (na Holanda) referiu, com alguma acutilância, que “Ineffective/Inefficient Testing = Resource Wastage / Global Impact” (Brennan, 2008) o que demonstra o aparecimento de uma consciência crítica na profissão de tester. Porém, as ideias que Brennan trouxe a debate para a melhoria na poupança energética são mais do ponto de vista macro que do ponto de vista dos testes em si. Podem-se enumerar alguns exemplos de primeiras ideias: o gestor do projeto apenas deve viajar quando estritamente necessário, os elementos do projeto devem utilizar a videoconferência tanto quanto possível e apenas quando necessário, os ambientes de testes devem ser reutilizados, devem ser consideradas de forma cuidadosa todas as alterações de requisitos para que o trabalho anterior não seja descartado a todo o momento.

Já Blatt (2008) no artigo empresarial da SQS começa por referir que os engenheiros/produtores de *hardware* ao terem implementado medidas de eficiência energética já conhecem os benefícios da poupança financeira, ao contrário dos engenheiros de software que estão muito alheios a esta temática. Para demonstrar esta desatenção dos engenheiros de *software*, dá o exemplo dos engenheiros de *hardware* que dão tanto valor à métrica “performance per watt” (Blatt, 2008) e que o novo processador da Intel – (à data) o Atom, não está desenhado para atingir uma grande performance mas sim uma boa performance por Watt consumido. Refere ainda que a virtualização de ambientes veio dar uma ajuda ao *software* fazendo com que se consumissem menos recursos, embora com isso tenha adiado a resolução do core do problema pendente do lado da engenharia de *software*. Blatt fez ainda a pergunta chave sobre a qual todos os engenheiros de *software* deveriam refletir “highly efficient code will use less processing power, and therefore less energy; but is the extra development effort (and energy spent doing it) worth it?” (Blatt, 2008). Conclui, no seu artigo, que os testes de *software* para medição do consumo energético são igualmente importantes aos testes realizados de Continência de Negócio/Recuperação de Desastres ou mesmo aos de Performance. Porém, mais uma vez, não há uma contribuição efetiva sobre o procedimento a adotar para a realização dos testes.

Na mesma época, a opinião dos programadores foi dirigida por Steigerwald *et al.* (2007), que num trabalho intitulado “Creating Energy-Efficient Software” começaram por afirmar que foram feitos muitos desenvolvimentos ao nível do *hardware*, tanto da melhoria de baterias como na disponibilização de processadores que consomem poucos recursos, pelo que é tempo do *software* dar o seu contributo, em particular para o sector das TI móveis. O trabalho, apesar de parecer muito completo, remeteu para uma abordagem metodológica de testes interna (na Intel), em paralelo com o uso de aparelhos físicos de medição do consumo energético de complexidade média/elevada – Fluke NetDAQ 2686, pelo que, não é possível, perceber a abordagem e replicá-la.

No trabalho de Steigerwald *e tal.* (2007) foram apontadas várias possibilidades de redução energética:

a) Melhorar a performance da aplicação;

a.1 Utilizar melhor os algoritmos de forma a que a tarefa executada pelo processador aconteça de forma mais rápida;

a.2 Recorrer ao uso do *Multi-Threading* sempre que possível;

a.3 Otimizar o compilador, as bibliotecas de performance e os conjuntos de instruções;

b) Melhorar o uso do movimento de dados;

b.1 Leitor de DVD

b.1.1 Utilizar de forma sistemática o *buffer*;

b.1.2 Reduzir ao mínimo a alteração de velocidade de rotação;

b.1.3 Deixar que seja o SO a definir qual a carga que o processador deve utilizar, em vez de forçar a utilização ao máximo;

b.2 Disco Rígido

b.2.1 Armazenar blocos de informação maiores é melhor para a performance, pois são lidos de uma só vez;

b.2.1 Utilizar o *buffer* para situações de playback de multimédia, em vez de ir lendo no disco a informação aos poucos;

b.2.1 Os dados no disco devem estar desfragmentados.

b.3 Transferência de dados por ar (Wireless)

b.3.1 Comprimir dados antes de enviar faz gastar menos energia, se o rácio de compressão for superior a 3.0x;

c) Tornar o contexto em que as aplicações são executadas menos consumidores de recursos

c.1 Reduzir a luminosidade do ecrã;

c.2 Reduzir a resolução e a quantidade de FTP – *Frames* por segundo (em particular nos jogos);

c.3 Questionar o utilizador se o *Bluetooth* e *WIFI* são realmente necessários.

d) Adaptar as aplicações a cada SO para tirar partido dos recursos específicos desse SO;

e) Utilizar ferramentas de terceiros e inclusivamente algumas desenvolvidas na Intel, para melhorar a eficiência energética a quando da criação do código fonte.

Por sua vez Stemen (2008), numa apresentação pública na Professional Developers Conference de 2008 da Microsoft propôs, logo no título, que o foco da eficiência energética aplicacional vá de encontro ao prolongamento da carga energética diária presente nas baterias. As razões que apontou para essa necessidade de melhorar o consumo energético do *software* foram seis: **1)** a bateria em dispositivos móveis tem que durar todo o dia (que pode variar entre 6 a 8 horas); **2)** o custo financeiro do consumo energético (nomeadamente o arrefecimento para grandes servidores); **3)** normas legislativas ou normativas que estão a aumentar; **4)** desenvolvimento do *hardware* já vai muito avançado (inclusivamente já se fala em “performance per watt”); **5)** preocupações ambientais em torno da computação – *Green IT*; e **6)** diferenciação de produto.

Stemen (2008) também apontou alguns dos vários caminhos utilizados pela Microsoft para a redução energética na criação do Windows 7:

a) Entender o impacto do *software* no envolvimento do computador;

a.1 Verificar os consumos do processador, disco rígido, etc.

b) Reduzir a utilização de recursos;

- g) Utilizar ferramentas de validação e medição para melhorar a qualidade das aplicações (exemplos introduzidos pela Microsoft no Windows 7 foram o “Powercfg” e o “Windows Performance Tools Kit – Xpert”).

Conclui-se portanto que no período em torno de 2008 muitos indivíduos estiveram a refletir sobre o tema, em particular os programadores, mas a partilha de soluções ou procedimentos efetivos não saía da esfera interna de cada empresa, provavelmente para dar alguma vantagem comercial futura nos produtos em desenvolvimento.

Evoluções de Eficiência Energética no Hardware sem Paralelo na Construção do Software

Ao contrário dos engenheiros de *software*, os engenheiros de *hardware* desde há pelo menos uma década e meia que perceberam que o caminho da eficiência energética teria que ser seguido na construção de processadores, essencialmente por dois motivos: o primeiro porque o mercado ao evoluir de estações de trabalho para os dispositivos móveis iria requerer processadores mais contidos ao nível do consumo energético, atendendo que a tecnologia associada às baterias não estava a evoluir como seria desejável e, em segundo lugar porque os processadores são os maiores consumidores de energia imediatamente depois das placas gráficas, pelo que havia uma grande margem de ganho para otimização com impactes diretos ao nível de uma redução financeira da fatura energética (em especial a dos grandes servidores que mantêm toda a internet mundial a funcionar) e o mercado estava em crescimento exponencial.

Assim, a Intel aplicou a funcionalidade da Voltagem Dinâmica e Escalonamento de Frequência (*Dynamic voltage and frequency scaling*) nos seus processadores Pentium® III logo em 1999, atribuindo-lhe o nome SpeedStep® (Intel®, 2014), sendo que atualmente e após melhoramentos é apelidada de Enhanced Intel SpeedStep. No caso da fabricante AMD® apareceu o PowerNow!™ em 1998 (AMD, 2000), por via dos processadores AMD® K6-2, e para uso em portáteis deu origem ao Cool'n'Quiet™ em 2003 (AMD, 2008), por via dos processadores Athlon 64 para uso de servidores/estações de trabalho à data de então.

Já em 2010, em São Francisco, foi lançado um *benchmarking* pela Transaction Processing Performance Council (2010), que avalia os diferentes hardwares face à performance por

watt consumido. Porém o *benchmarking* não está a alcançar o sucesso desejado pois desde aí apenas foram realizadas 69 análises a sistemas de hardware, das quais só 13% se submeteram a esta métrica.

Com isto poderá dizer-se que quando mais baixo é o nível face à responsabilidade de consumo energético, menor importância o assunto tem obtido pelos sucessivos atores ao longo das diferentes fases de construção dos programas aplicativos, como se ilustra na figura nº 6.

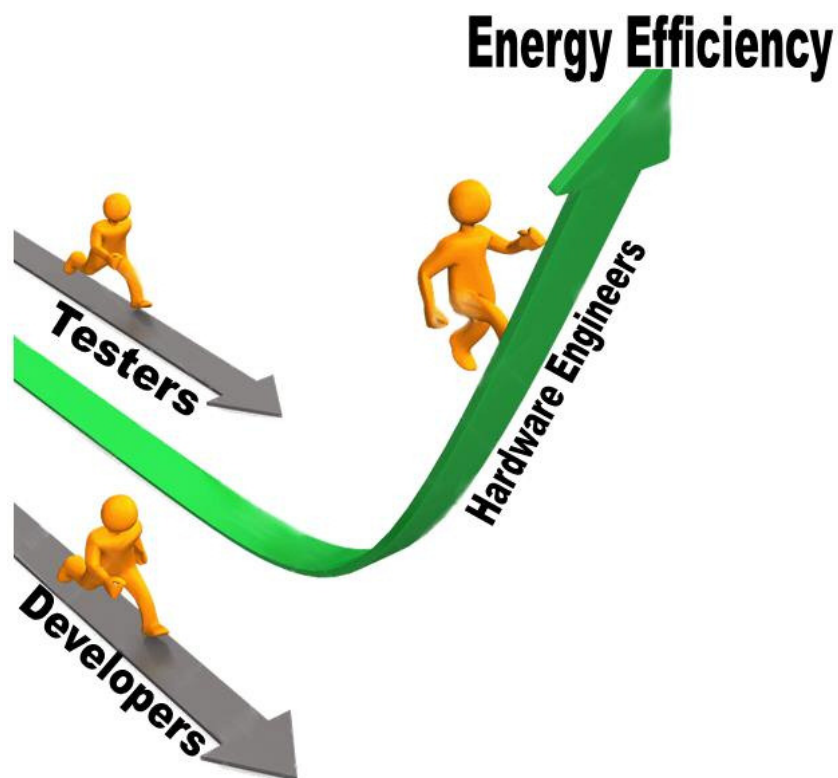


Figura 6 – Ilustração simbólica das diferentes profissões na corrida da Eficiência Energética nos sistemas computacionais em 2008 (fonte própria)

2010 – O Ano do Impulso Alemão

Em 2010, na Alemanha, surgiu um projeto e uma conferência anual que desde então têm sido os impulsionadores de muitos artigos científicos sobre a eficiência energética do *software* estando, inclusivamente e na minha opinião, a liderar o debate mundial.

O projeto Green Software Engineering¹² é liderado pelo Professor Dr. Stefan Naumann da Universidade de Ciências Aplicadas existente em Trier, e pretende aplicar os conceitos “verdes” conhecidos da fabricação do *hardware* na fabricação do *software* (GreenSoft, 2014). Como primeira meta procura desenvolver um modelo conceptual de desenvolvimento de *software* sustentável. Uma segunda meta é o desenvolvimento de uma bateria de ferramentas e mesmo uma base de dados de conhecimento apelidada “Sustainable Software Support Center” (S3C) que depois seja disponibilizada a todos os técnicos de TI, como facilitadora do objetivo da sustentabilidade.

Por sua vez, a criação da conferência anual “(EAHPC) Energy-Aware – High Performance Computing” tem como organizador, o Prof. Dr. Thomas Ludwig, diretor do Centro Computacional Alemão do Centro de Estudos da Alteração Climática e Planeta Terra (DKRZ – Deutsches Klimarechenzentrum) que é ao mesmo tempo diretor do Departamento de Informática da Universidade de Hamburgo. Já em 2010, o objetivo da conferência era envolver e debater 8 temáticas, a saber:

- 1) Modelação – Qual a possibilidade de ajustar o consumo total de energia de um sistema computacional em função das aplicações?
- 2) Simulação – Como podemos simular o comportamento das poupanças energéticas de um determinado sistema computacional e de um determinado programa?
- 3) *Benchmarking* (avaliação energética) – Como podemos avaliar um programa/arquitetura energética ao nível da eficiência de forma padronizada?
- 4) Medição – Como podemos medir os dados relevantes no ambiente de *hardware* e *software*?
- 5) Análise – Como podemos entender os dados medidos e deduzir meios para mitigar o problema de energia?
- 6) Introdução de mecanismos – Como podemos reduzir o consumo de energia, alterando as condições de funcionamento do *hardware* e *software*?

¹² O projecto é apoiado pelo Ministério da Educação e Desenvolvimento Alemão sob a referência 17N1209

- 7) Desenvolvimento de novo *hardware* – processadores otimizados para o consumo energético, componentes de armazenamento, etc.
- 8) Situação de instalação – como podemos otimizar o nosso parque de computadores para uma otimização energética ideal?

O Modelo GreenSoft

Dick *et al.* (2010), apresentam uma definição para “*software* sustentável” como sendo um *software* que tem um impacto direto e indireto, positivo ou negativo na economia, sociedade, seres humanos e ambiente. O desenvolvimento procura usar o mínimo possível de *software*, tendo desse modo um efeito positivo no desenvolvimento sustentável.

Para estes investigadores, o ciclo de vida do desenvolvimento de *software* apresenta três momentos (o desenvolvimento, a utilização e o fim de vida) e não apenas o comum desenvolvimento informático (ver tabela nº 1).

	Development		Usage	End of Life	
	Development	Distribution	Usage	Deactivation	Disposal
First-order Effects	<ul style="list-style-type: none"> - Business trips - Office HVAC - Energy for ICT - Office lighting - Working Conditions - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Packaging - Data medium - Manuals - Transportation - Download size - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Software induced energy consumption - Software induced resource consumption - Hardware requirements - Accessibility - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Backup size - Long term storage of data (due to legal issues) - Data conversion (for future use) - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Packaging - Data medium - Manuals - ...
Second-order Effects	<ul style="list-style-type: none"> - Telework - Globally distributed development - Higher motivation of team members - ... 		<ul style="list-style-type: none"> - Dematerialization - Smart logistics - Smart metering - Smart buildings - Smart grids - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Media disruptions - ... 	
Third-order Effects	<ul style="list-style-type: none"> - Changes in software development methods - Changes in corporate organizations - Changes in life style - ... 		<ul style="list-style-type: none"> - Changes of business processes - Rebound effects - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Demand for new software products - ... 	


 To the extent possible under law, the person who associated CC0 with this work has waived all copyright and related or neighboring rights to this work.

Tabela 1 – Ciclo de vida do *software* proposto pelo modelo GreenSoft¹³

¹³ Fonte: http://www.green-software-engineering.de/images/downloads/green_and_sustainable_software_product_life_cycle_96dpi_web.png

Esta abordagem holística mostra que a questão da sustentabilidade de um *software* ultrapassa os problemas energéticos do consumo *per se*.

Começando no desenvolvimento do produto de *software* propriamente dito, e utilizando uma estrutura de desenvolvimento de *software* baseada em *Waterfall*, é sugerida pelo modelo GreenSoft a inclusão dos seguintes fatores (ver figura n°7):

a) Revisões e Antevsões de Sustentabilidade

a.1) Discussão dos requisitos, arquitetura e código-fonte do ponto de vista ambiental – por exemplo validar quais as futuras condições de “luminosidade” e em função dessa informação adaptar o *software*, ou então tornar o software *reativo*;

a.2) O “projeto de software” deve ser medido desde o primeiro dia, por exemplo com os seguintes critérios:

a.2.1 – Gerais

- “Reutilização” – partes do código devem poder transitar entre projetos (exemplo sistema de login);
- “Modificabilidade” – o *software* é capaz de implementar mudanças de requisitos rapidamente;
- “Usabilidade e Acessibilidade” – o mesmo *software* é mais fácil de usar e acessível a mais pessoas;
- “Previsibilidade” – a estimativa do tempo de desenvolvimento deve ser feito tendo em conta que não haverá horas extra.

a.2.2 – Relacionados com os efeitos de 1ª ordem¹⁴

- “Eficiência” – performance do CPU, utilização da memória, utilização de recursos sem que esteja a ocorrer uma operação (exp. *pooling*), consumo de energia, etc.

¹⁴ Ver ciclo de vida do software proposto por GreenSoft

- “Portabilidade” – capacidade de transitar de um *hardware* obsoleto para um mais recente;
- “Viabilidade dos recursos materiais, energia ou humanos” - indicar a pegada de carbono do projeto, a quantidade de eletricidade gasta, o tempo despendido em viagens e o desperdício (exp. lixo) (Tiana, 2011).

a.2.3 – Relacionados com os efeitos de 2ª e 3ª ordem

- “Extensão do Uso” (*Reflectivity*) – todos os outputs que não são do software mas podem ser originários deste, se o utilizador o pretender (exp. impressão de um relatório faz uso de uma impressora, energia e tinta)
- “Sustentabilidade” – o programa consegue atingir o fim que se propõe (?), o programa tem alguma forma de reduzir a sua marca de desperdício (?), qual foi o valor entregue por este programa em prol do desenvolvimento sustentável (?)

a.3) Propor melhorias entre cada interação e verificar se foram cumpridas na interação seguinte.

b) Avaliação do processo – melhorar o processo de desenvolvimento do *software* mais eficiente considerando, por exemplo, o horário laboral para evitar o trânsito, considerar a diminuição de indumentária para reduzir o ar condicionado, etc.

c) Jornal da sustentabilidade – efetuar um mini relatório, disponibilizado para todos, com algumas métricas do consumo de recursos e a evolução do estado do produto de *software*.

d) Retrospectiva da sustentabilidade – efetuar um levantamento resumido de todas as decisões ambientalmente sustentáveis no projeto, para reutilização futura.

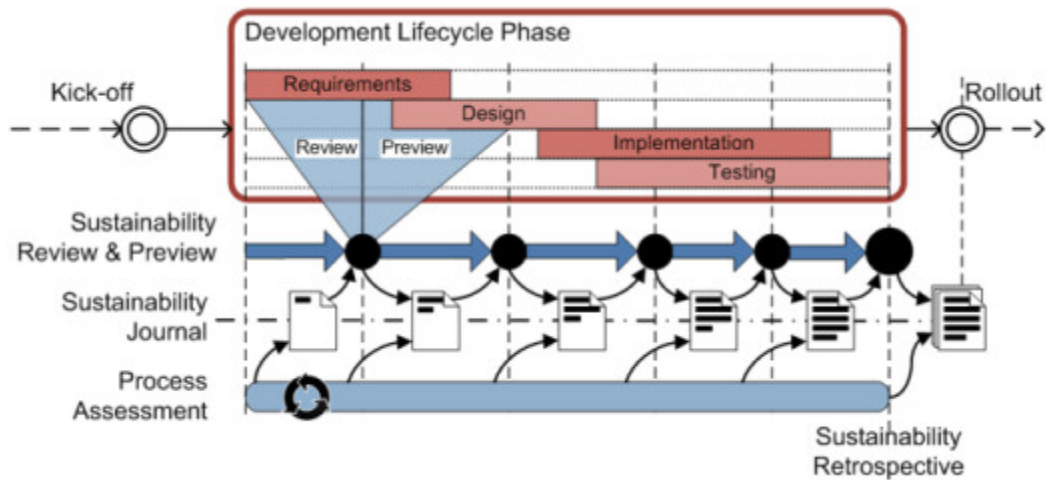


Figura 7 – Fase do desenvolvimento de *software* com adição de critérios sustentáveis¹⁵

Num momento intermédio, entre o fecho do desenvolvimento e a utilização, encontra-se o momento fulcral da aquisição. Este modelo propõe, mais uma vez, uma consciência crítica por parte de quem vai adquirir a solução de *software*, ainda que seja mais premente do lado das instituições governamentais e grandes organizações (ver figura n°8).

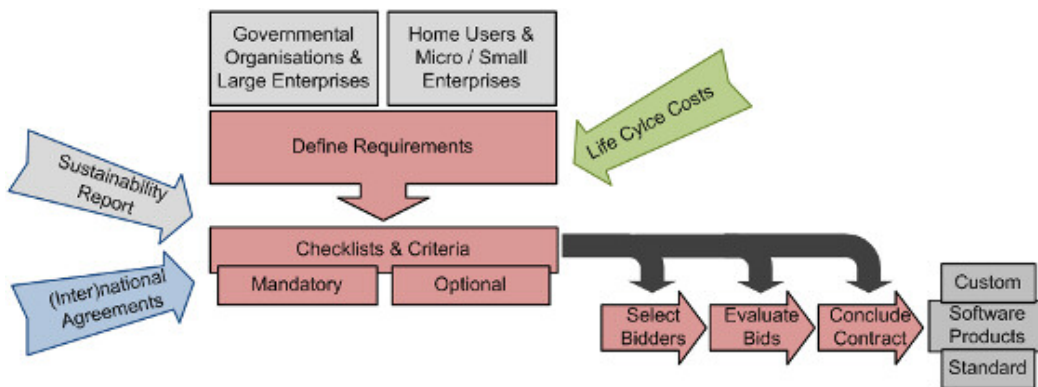


Figura 8 – Fase de compra de *software* tendo em atenção critérios sustentáveis¹⁶

Assim, não só o preço da solução de *software* deve ser tida em conta, mas também o resultado de uma *checklist* de “fatores sustentáveis” a saber:

¹⁵ Fonte: <http://www.green-software-engineering.de/images/referencemodel/vorgehensmodell-entwickeln-03.png>

¹⁶ Fonte: <http://www.green-software-engineering.de/images/referencemodel/procedure-modell-purchase.png>

- a) Critérios de eficiência:
 - a.1) Consumo de memória;
 - a.2) Performance do CPU;
 - a.3) Índice de recursos consumidos na utilização do *software*;
 - a.4) Índice de energia consumida na utilização do *software*.
- b) Critério Ambiental:
 - b.1) Portabilidade;
 - b.2) Tamanho do *download*;
 - b.3) Nível de desmaterialização.
- c) Critério Social:
 - c.1) Condições de trabalho no desenvolvimento do *software*;
 - c.2) Manuais;
 - c.3) *Software* incorpora utilizações fora do paradigma dominante, permitindo acessibilidade por todo o tipo de utilizadores.

Na fase de utilização o modelo diferencia se é um utilizador-administrador ou um utilizador final (ver figura nº9).

Sendo um administrador de sistemas apela à utilização do paradigma “planear-fazer-verificar-agir”, que aliás está descrito na base de modelos de gestão de sistemas como a ISO9000 – Gestão da Qualidade, a ISO14001 – Gestão Ambiental e a ISO50001/EN16001 – Gestão Energética.

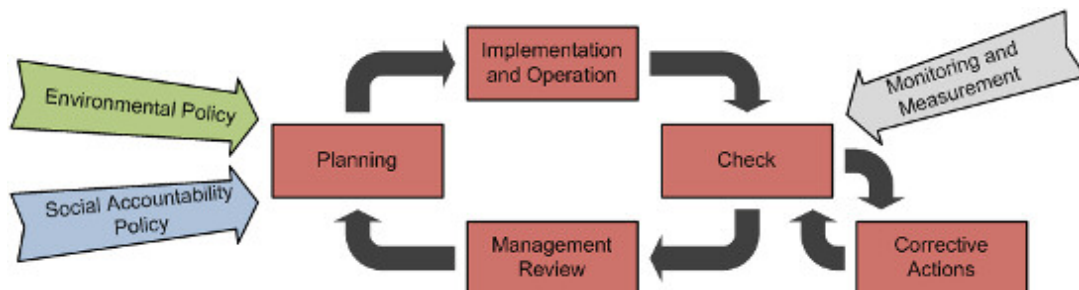


Figura 9 – Fase de utilização do *software* suportando critérios sustentáveis ¹⁷

¹⁷ Fonte: <http://www.green-software-engineering.de/images/referencemodel/procedure-modell-administrate.png>

De uma forma prática, o modelo sugere a introdução de ações no planeamento com vista a que os resultados em benefício do ambiente sejam observáveis e mensuráveis no tempo em que se pretende efetuar a venda do *software* desenvolvido.

Por exemplo, em estações de trabalho, utilizar tomadas de alimentação com botões *on/off* de energia, centralizar o corte de energia para determinadas horas a todos os equipamentos (por exemplo à noite), implementar regras por defeito em todos os computadores (o computador desligar-se todos os dias às 19 horas se estiver ligado), etc.. Em servidores de dados, maximizar o uso da virtualização de sistemas antes de avançar para o uso de outro servidor físico, manter uma temperatura otimizada na sala dos servidores, otimizar os servidores para suportar o *http caching* e *http compression*, etc..

Sendo um utilizador final o modelo não explicita a totalidade de ações possíveis, pois é um cenário de possibilidade muito vasto, pelo que faz apenas referência a que se um utilizador for bem treinado no *software* será mais eficiente energeticamente, assim como deve ser o utilizador ensinado a instalar atualizações de forma a prolongar a vida útil do *software*. O utilizador deve ter a capacidade de desinstalar o *software* e (se aplicável) separar os resíduos (papel, CD, etc.) consoante o caso.

Procedimento de Medição por GreenSoft

Dick *et al.* (2011), na apresentação “Measurement and Rating of Software-induced Energy Consumption of Desktop PCs and Servers” apresentaram publicamente uma abordagem que tiveram para a contabilização do consumo energético (ver figura nº10) por demonstração de um fluxo de operações de um utilizador (ver figura nº11), numa adaptação do modelo previsto na ISO 14756.

Test Rig

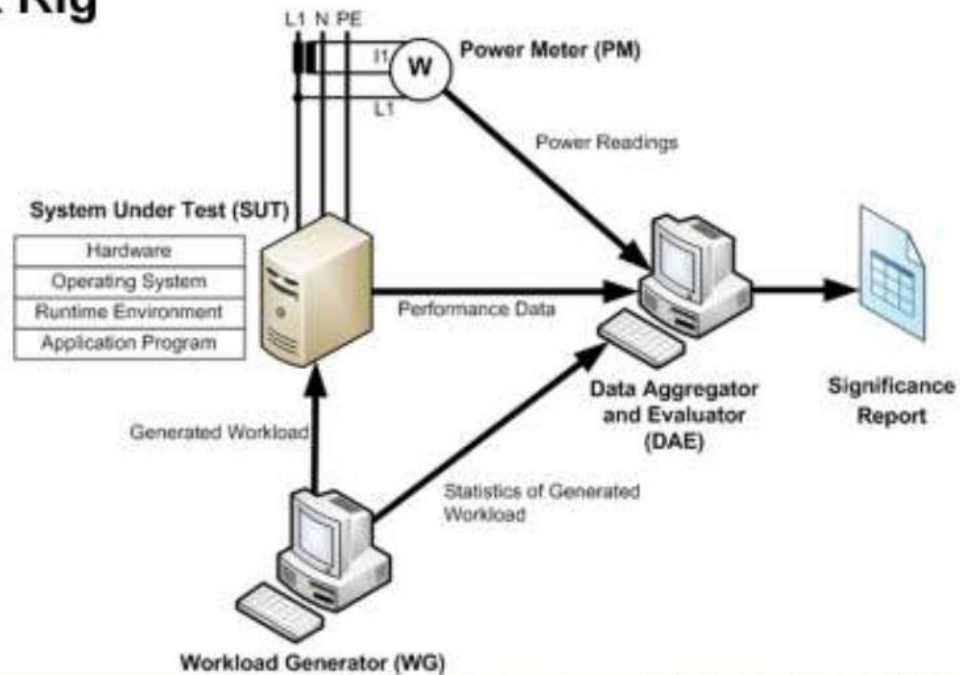
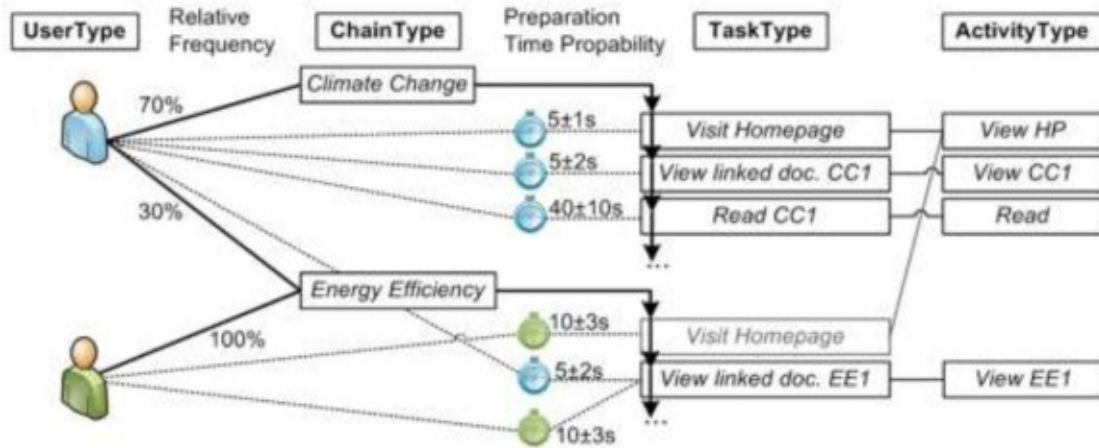


Figura 10 – Esquema do parque informático envolvido na medição do consumo energético (Dick *et al.*, 2011)

Modeling and Defining Workloads



Workload model adapted from ISO/IEC 14756

Figura 11 – Esquema da definição do fluxo do teste, baseado na ISO 14756 (Dick *et al.*, 2011)

Um aspeto importante na metodologia de testes sugerida pela equipa de investigadores foi o facto de se admitir que o *software* não consome energia *per si*, pelo que se deve validar o

consumo energético a todo o conjunto de hardware que apelidaram de SUT (*System Under Test*).

Todos os testes são caixa-preta e para o mesmo teste há sempre duas hipóteses em comparação, sendo repetido o procedimento 30 vezes. Dos mesmos autores, no documento compilado nos “Proceedings of the First International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainability”, foi aferido que só assim fazia sentido medir o *software* porque este não vive por si só, isto é, o *software* só existe e funciona em cima de *hardware* e de um sistema operativo, o que no meu entender é um argumento bastante válido. A lacuna de todo o modelo GreenSoft, na minha análise enquanto profissional na área do desenvolvimento de *software*, é a ausência da definição dos papéis a executar pelos autores envolvidos nomeadamente programadores e testers.

O Tester como o Agente da Garantia de Qualidade

Penzenstadler *et al.* (2012), num *workshop* internacional realizado na Universidade de Duisburg-Essen, fizeram uma leve abordagem aos requisitos ambientais associados ao *software*, apoiando-se também no modelo GreenSoft. Demonstraram que a tarefa de verificar a implementação dos novos fatores ambientais a considerar no desenvolvimento do *software* (ver figura 12) caberá ao engenheiro de qualidade.

Ora indiretamente, esta é a primeira vez, ainda que por dedução, que aos profissionais de testes é atribuída uma nova missão – o desenho de um modelo de qualidade com critérios ambientais. Assim, o papel dos engenheiros de qualidade de acordo com Penzenstadler *et al.* (2012) resumidamente será:

- a) Educar os programadores;
- b) Efetuar as revisões ao resultado do trabalho desenvolvido pelos programadores;
- c) Configurar ferramentas de obtenção de métricas do trabalho desenvolvido pelos programadores;
- d) Validar o relatório gerado pelas ferramentas de métricas;
- e) Verificar se as *checklists* “ambientais” estão a ser ou não cumpridas.

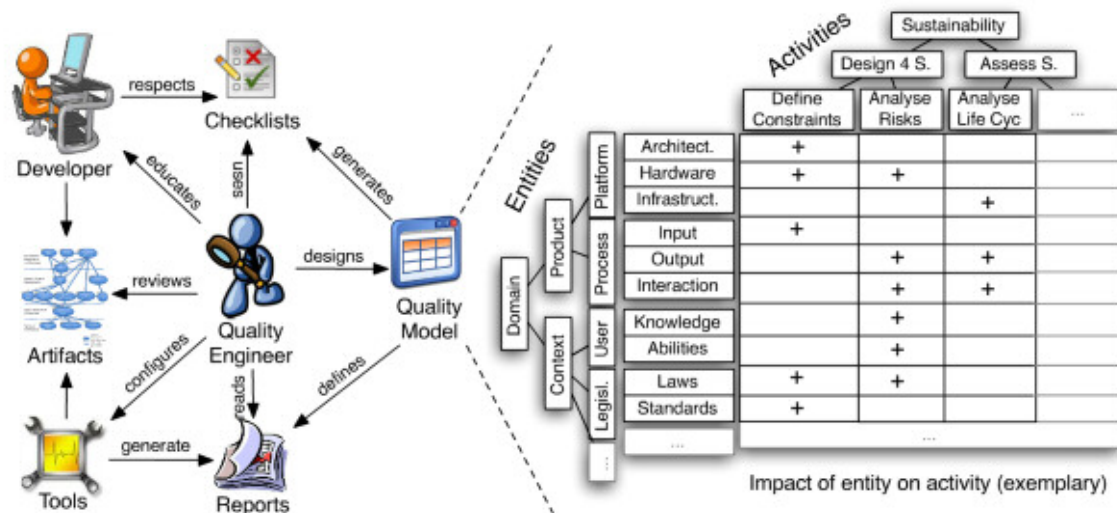


Figura 12 – Esquema das funções do Engenheiro de Qualidade na introdução de critérios sustentáveis no desenvolvimento de *software* ¹⁸

Conferência Internacional EAHPC – 4 Anos de Inovação

Dos artigos divulgados na Conferência Internacional da EAHPC ao longo dos 4 anos já decorridos (2010 a 2013) efetuou-se um resumo dos que, de alguma forma, contribuem mais para o presente trabalho, focando em especial os que efetuaram medições de energia.

EAHPC – Ano de 2010

Em 2010, Minartz *et al.* (2010) desenvolveram um trabalho com o objetivo de medir o consumo de cada componente de computador para dois tipos de atividade: atividade nula (0% utilização [*idle*] = estado mínimo de consumo) e atividade com carga no sistema (stress), como ilustra o gráfico nº5. Em termos de *hardware* e *software* estes autores utilizaram: Dual Socket XEON (2003), Gigabyte RAM, Gigabit Ethernet Network, NFS/PVFS2 e Ubuntu 8.04. Efetuaram a medição em 4 nós no *hardware* (ver figura nº13) utilizando um LMG 450 (ZES ZIMMER Electronic Systems GmbH).

¹⁸ Fonte: <http://www.docstoc.com/docs/151485256/Support-Environmental-Sustainability-by-Requirements-Engineering>

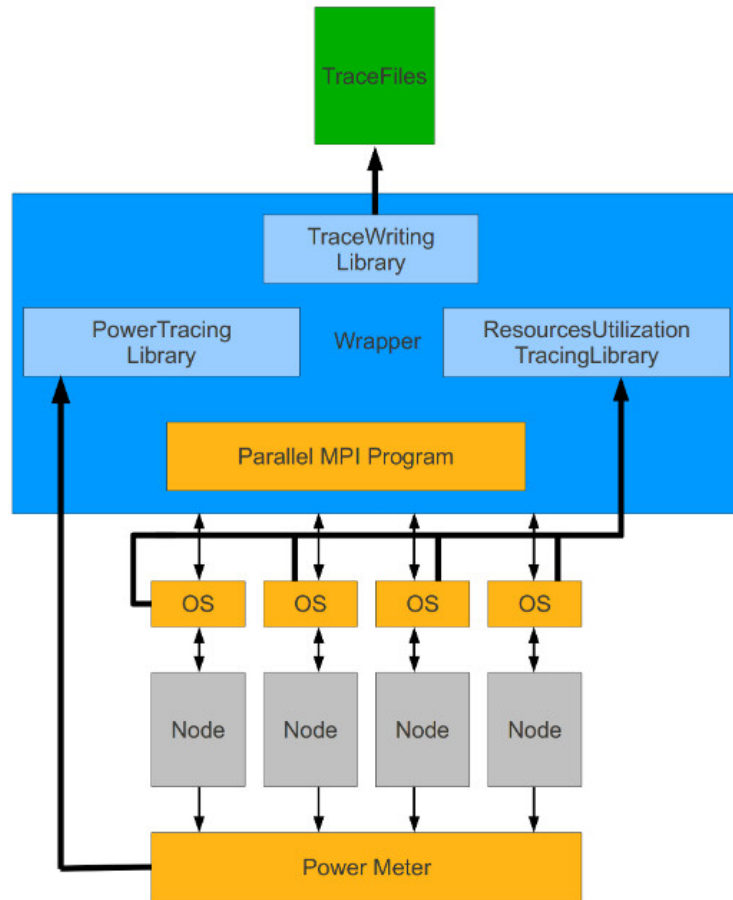


Figura 13 – Esquema da medição a realizar (Adaptado de Minartz *et al.*, 2010)

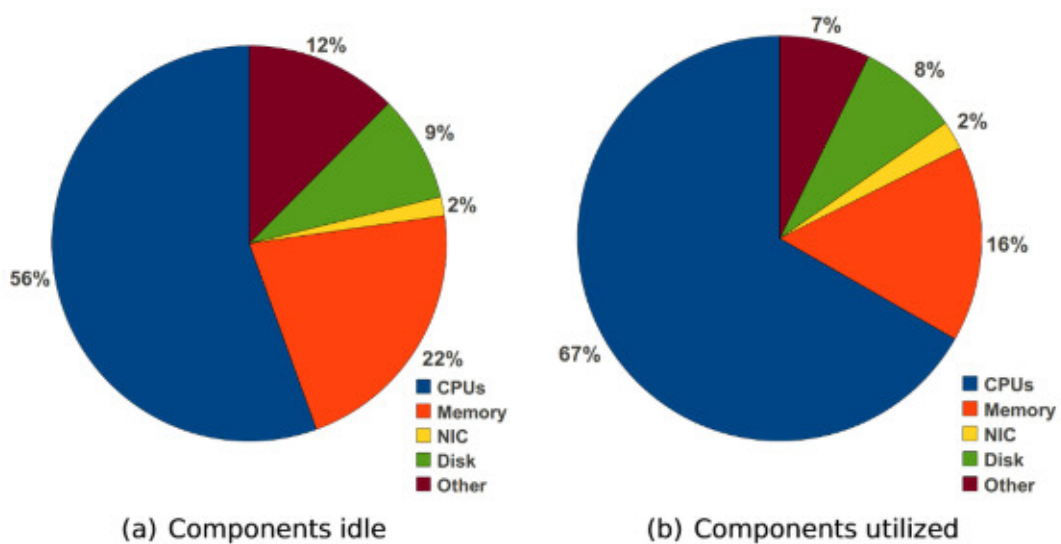


Gráfico 5 – Resultado das medições de consumo energético nos diversos componentes, com atividade nula (à esquerda) e com carga (à direita) (Adaptado de Minartz *et al.*, 2010).

Como resultado do estudo, e utilizando o método anteriormente mencionado, concluíram que:

- a) É possível comparar diferentes programas em termos de eficiência energética;
- b) É possível efetuar uma avaliação monetária dos ganhos;
- c) O período de retorno em termos de investimento também é calculável;
- d) O limite superior para poupanças de consumo pode ser determinado.

No caso concreto deste estudo, e verificadas diferentes estratégias, os resultados encontrados permitiram encontrar poupanças energéticas na ordem dos 10% a 32%.

EAHPC – Ano de 2011

O trabalho apresentado por Semin (2011) disserta sobre como a Intel, utilizando um sistema de refrigeração líquido, melhora quase em 100% a eficiência, face a uma refrigeração por ar. Por outro lado, procura debater qual é a definição de *eficiência*. Ou seja, àquele momento, a definição de eficiência passava por ser a quantidade de trabalho útil realizado por recurso consumido (Eficiência energética = Trabalho útil realizado / energia consumida), porém ninguém estabeleceu ao certo qual seria a medida a utilizar para o parâmetro “Trabalho útil realizado”.

Por esse motivo, e considerado que a forma mais fácil para a medição seria correlacionar a energia consumida com a atividade do sistema e da aplicação em uso, a Intel desenvolveu uma API (*Application Programming Interface*) para ser utilizada pelos programadores no desenvolvimento de *software* (ver figura nº13 e gráfico nº6).

Energy-aware Programming Intel® Energy Checker (EC) SDK

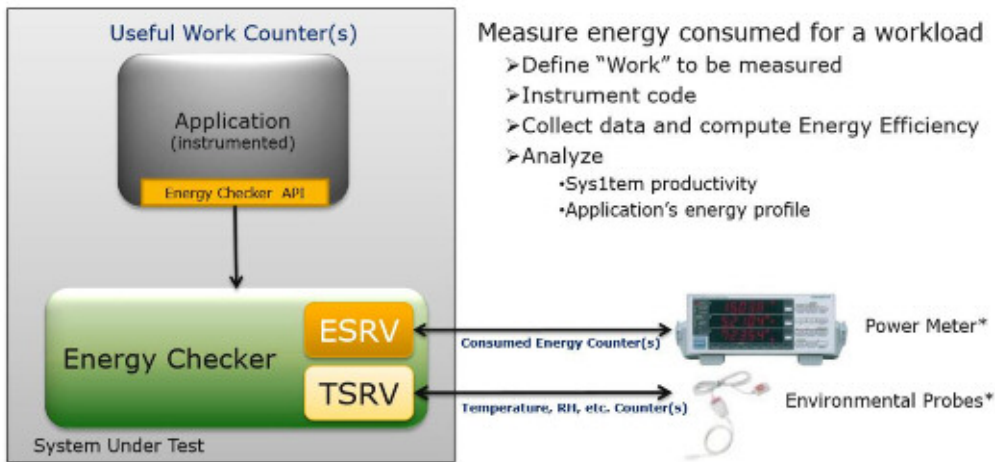
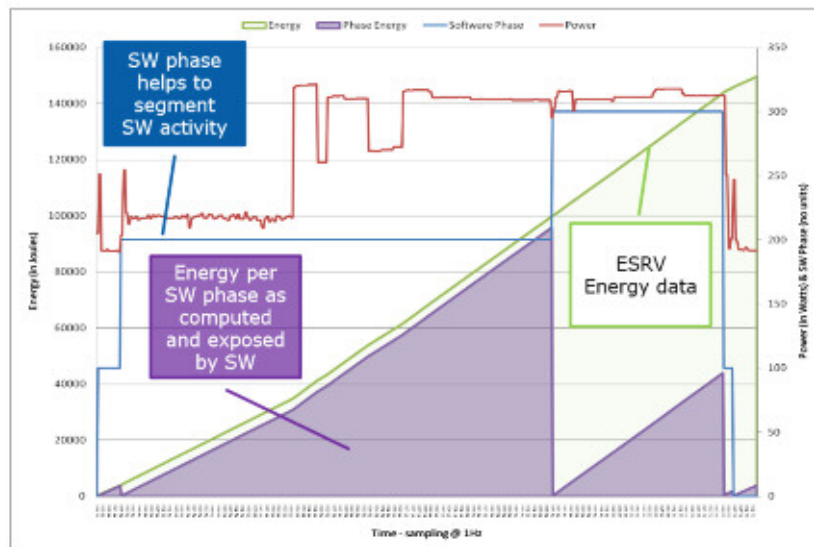


Figura 14 – Esquemático do uso da API Energy Checker da Intel (Semin, 2011)

Energy-aware Programming Example of Energy Checker Data Collected¹



¹ Data was collected using pl_csv_logger (a tool shipped with the Intel® EC SDK). Instrumented from outside (scripting tools) and VBA [no source code access].

Gráfico 6 – Exemplo da medição feita no modelo da Intel (Semin, 2011)

Esta solução não é viável na minha opinião porque algo não foi dito durante a apresentação de Semin (2011). Acontece que a API só funciona com processadores da Intel e a partir da segunda geração de fabrico dos Intel Core, pelo que não é transversal ao mercado em 2011

(como não continua a ser hoje 2014) nomeadamente deixando de fora os processadores provenientes da fabricante AMD.

A apresentação de Oed (2011), no âmbito da Eficiência Energética debateu três métricas: Power Usage Effectiveness (PUE), MFLOPS per Watt, Time to Solution (sustained performance) *per* Watt. Relativamente à primeira (Utilização Efetiva de Energia), o autor critica o seu uso pelos *players* de mercado (onde se inclui), porque se o sistema de arrefecimento/refrigeração for muito bom, as variáveis são distorcidas a favor do ambiente, pelo que defende uma abordagem de contabilização por componente e não no esquema global. Quanto à segunda métrica Oed constatou que era a métrica utilizada pelo ranking Green500 – lista que indica os supercomputadores mais eficientes energeticamente, logo bastante válida para debates. Finalmente, em relação à métrica Tempo para a solução por Watt, considerou-a orientada ao problema pois poderia ser aplicada para os vários tipos de arquitetura (ver excerto nº1).

$$\text{Power consumption [kWh]} = N_{\text{proc}} * P_{\text{proc}} * T_{\text{max}} \text{ [kWh]}$$

- T_{max} time allowed to finish the problem
- N_{proc} number of processors (cores) utilized to finish within T_{max}
- P_{proc} power utilized per processor (core)

Excerto 1 – Detalhe da Métrica “Tempo para a solução por Watt” (Oed, 2011)

Por sua vez Molka *et al.* (2011) fizeram outras contas a partir das operações de processamento desenvolvidas pelo *kernel*/núcleo do SO. Isto é, a partir do tipo e da quantidade de operações entre diferentes componentes compuseram uma majoração e calcularam o peso do trabalho – *workload heaviness*. Com este valor e com o tempo da operação e energia consumida conseguiram apurar um score de Performance, um score de Eficiência e um score combinado (ver excertos nº 2 e 3).

- **Kernels return type and amount of performed operations**
 - workload heaviness = weighted amount of operations
 - Bytes accessed in memory: factor 1
 - Bytes MPI communication: factor 2
 - I/O Bytes: factor 2
 - Int32 and single ops: factor 4
 - Int64 and double ops: factor 8
- **Performance Score = workload heaviness / runtime**
 - billion weighted operations per second
- **Efficiency Score = workload heaviness / energy**
 - billion weighted operations per Joule
- **Combined Score = $\sqrt{\text{perf_score} * \text{eff_score}}$**


Excerto 2 – Fórmulas de cálculo teórico dos indicadores “workload heaviness”, “performance score”, Efficiency score” e “combined Score” (Molka *et al.*, 2011)


Example Result file:

```
Benchspec: example.benchspec
Operations per iteration:
- single precision floating point operations: 1610612736
- double precision floating point operations: 5737807872
- Bytes read from memory/cache: 33822867456
- Bytes written to memory/cache: 18522046464
- Bytes read from files: 805306368
Workload heaviness: 106.300 billion weighted operations
Benchmark started: Fri Jun 24 10:43:48 2011

[...] (runtime and score of iterations)

Benchmark finished: Fri Jun 24 10:44:00 2011
average runtime: 2.188 s
average energy: 492.363 J
total runtime: 10.941 s
total energy: 2461.815 J
Results:
- performance score: 48.58
- efficiency score: 0.22
- combined score: 3.24
```

 **TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

 **ZIH**
Center for Information Services &
High Performance Computing

Excerto 3 – Exemplo de medição dos indicadores “workload heaviness”, “performance score”, Efficiency score” e “combined Score” (Molka *et al.*, 2011)

No estudo de Ren *et al.* (2011) foi efetuada a medição de consumo de um GPU (placa gráfica), de um CPU (processador) e da placa mãe, com o objetivo de perceber os consumos específicos dos componentes e criar um algoritmo (*software*) capaz de aumentar a eficiência energética (ver figura nº15). Pela primeira vez relatou-se uma utilização muito diversificada no equipamento de medição de consumo energético, sendo que o seu nível de complexidade aumenta gradualmente: Yokogawa 700925 voltage probe, Fluke i30s / i310s current probes e National Instruments USB 6216 BNC. No cenário de teste também se especifica a temperatura ambiente onde ocorrem os testes: sala climatizada com temperatura constante de 23° C.

Energy aware SIMD/SPMD program design framework

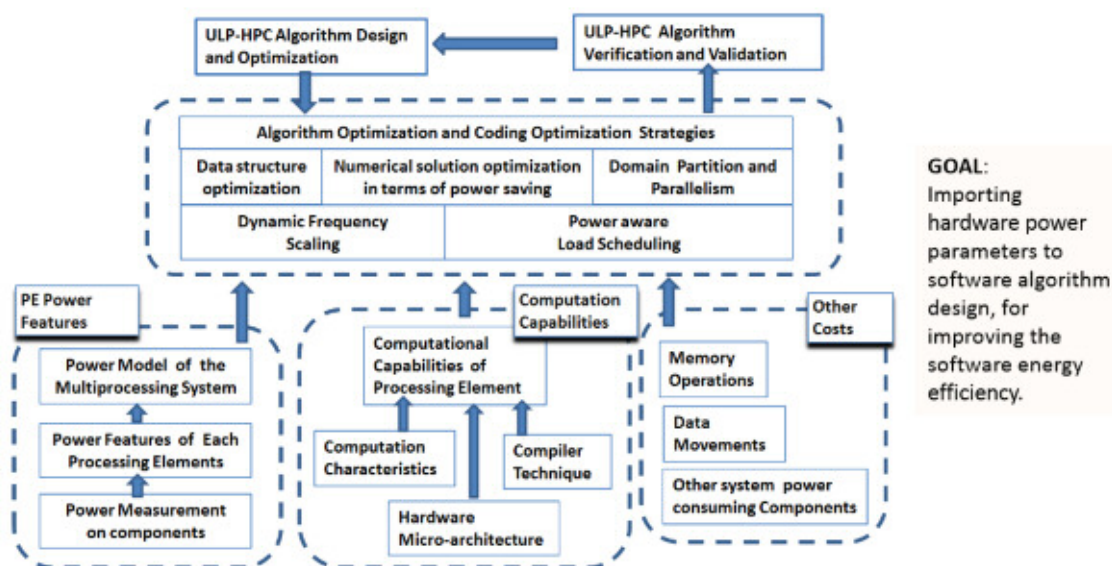


Figura 15 – Esquema dos processos necessários para se criar algoritmos que tornem o *hardware* mais eficiente energeticamente (Ren *et al.*, 2011)

Como resultado prático, os autores/investigadores obtiveram 5 algoritmos que permitem poupar energia no sistema. Ficou mais uma vez demonstrado que entre a relação de *hardware* e *software* é possível fazer poupanças energéticas.

Por último, e também na mesma linha de Ren *et al.* (2011), os autores Mämmelä *et al.* (2011) demonstraram, pela força empírica da programação de um algoritmo, apelidado de Job

Scheduler (*software*), num conjunto de servidores durante um período de mais de 3 anos, a existência de um incremento da eficiência energética nos servidores na ordem dos 39%.

O Scheduler, basicamente ao validar que um “nó” estava inativo por 30 minutos desligava-o e quando voltava a ser necessário ligava-o por 45 minutos até nova validação (ver figura nº16).

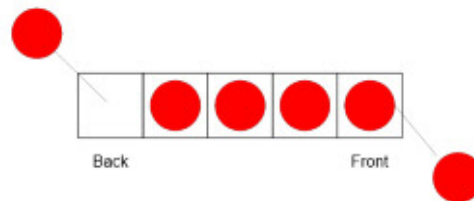


Figura 16 – Esquema de uma fila de “Job” (processos) (Mämmelä *et al.*, 2011)

De acordo com os autores, para chegar ao algoritmo mais eficiente foram testados vários algoritmos baseados em diferentes estratégias para executar os “Jobs” (processos) nomeadamente (ver gráfico nº7):

- a) FIFO (*First In, First Out*) neste caso os novos Job são introduzidos no final da cadeia de espera. Desta forma enquanto o primeiro Job não for satisfeito todos os outros têm de esperar;
- b) E-FIFO (*Energy-FIFO*) é uma versão já aprimorada do FIFO, isto é, coloca os nós que têm Job em trânsito mas dependentes do finalizar do primeiro, em estado idle (parado/suspensão) poupando assim energia;
- c) BFF (*Backfill First Fit*) o procedimento é similar ao FIFO, com a diferença de que se o primeiro Job não tiver recursos para terminar, então o sistema ao avaliar os Jobs que estão em trânsito, encontrando um (Job) que estima utilizar poucos recursos e tempo, escolhe-o e executa-o;
- d) BBF (*Backfill Best Fit*), o procedimento é similar ao FIFO, com a diferença de que se o primeiro Job não tiver recursos para terminar, então o sistema ao avaliar os Jobs que estão em trânsito, encontrando um (Job) para o qual consegue perceber que requer pouco processamento, escolhe-o e executa-o;
- e) E-BFF – tal como no E-FIFO o sistema aplica a estratégia de enquanto um Job está a ser executado os outros “nós” estão suspensos;

f) E-BBF – é aplicada a mesma estratégia (suspender nós) que no E-BFF.

Energy consumption (J), 1- 10 nodes

- FIFO is the most energy consuming
- Backfilling itself can decrease energy consumption
 - 1.3 % BFF vs FIFO
 - 2.8 % BBF vs FIFO
- Energy-aware backfill best fit (E-BBF) consumes least amount of energy
- E-BBF saves 9.1 % energy compared to FIFO

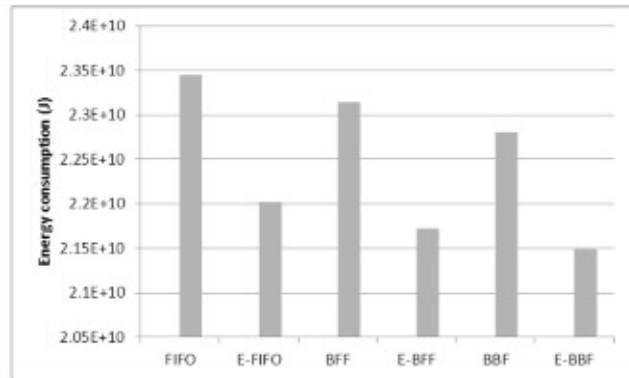


Gráfico 7 – Resultados do estudo do algoritmo na gestão do trabalho realizado pelo *hardware* da forma energética mais eficiente (Mämmelä *et al.*, 2011)

EAHPC – Ano de 2012

No ano de 2012, Alonso *et al.* (2012) propuseram criar um *software* que simulasse o consumo energético a partir de testes ao cálculo de decomposição de Cholesky, que estimula o uso de energia no CPU e memória (RAM). Formularam a equação do consumo de energia em duas subcomponentes: consumo de energia pelo CPU (processador + ventoinha) e consumo energia pelo restante sistema.

Power model:

$$P = P^{C(PU)} + P^{S(Y)stem} = P^{S(tatic)} + P^{D(ynamic)} + P^{S(Y)stem}$$

$P^{C(PU)}$ Power dissipated by the CPU: $P^{S(tatic)} + P^{D(ynamic)}$

$P^{S(Y)stem}$ Power of remaining components (e.g. RAM)

Excerto 4 – Formulação do modelo de consumo energético (Alonso *et al.*, 2012)

Na fórmula em estudo consideraram que P^y e P^s (ver excerto nº4) eram constantes e passíveis de determinação. No caso do P^y o valor é apurado medindo o sistema com ele “parado/morto” (*idle*). No caso do P^s o valor é apurado forçando o CPU ao máximo possível do seu cálculo (ver gráfico nº8).

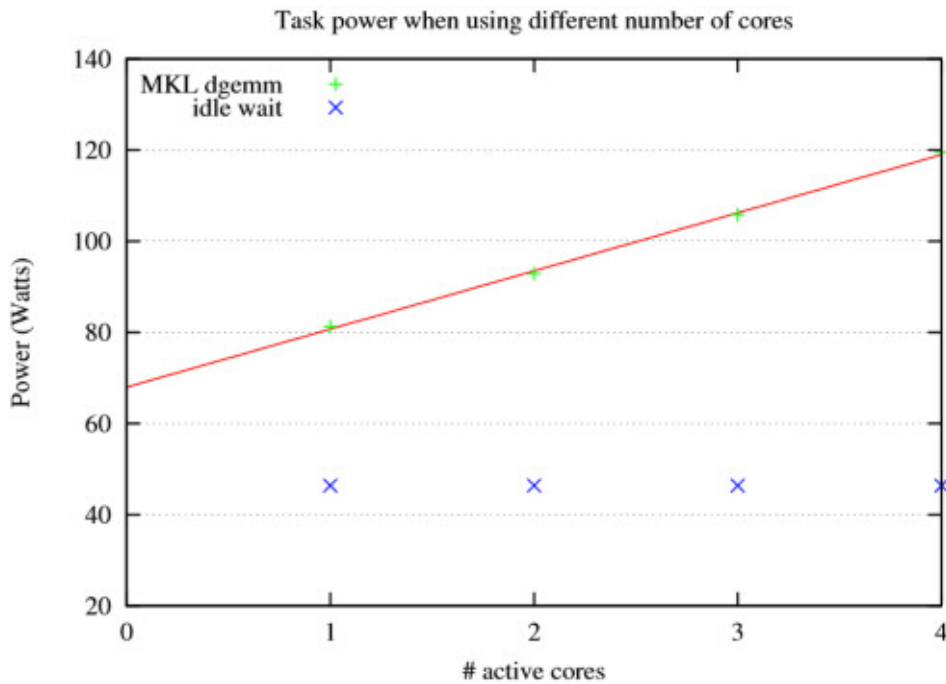


Gráfico 8 – Consumo energético de um CPU com 4 cores (núcleos) (Alonso *et al.*, 2012)

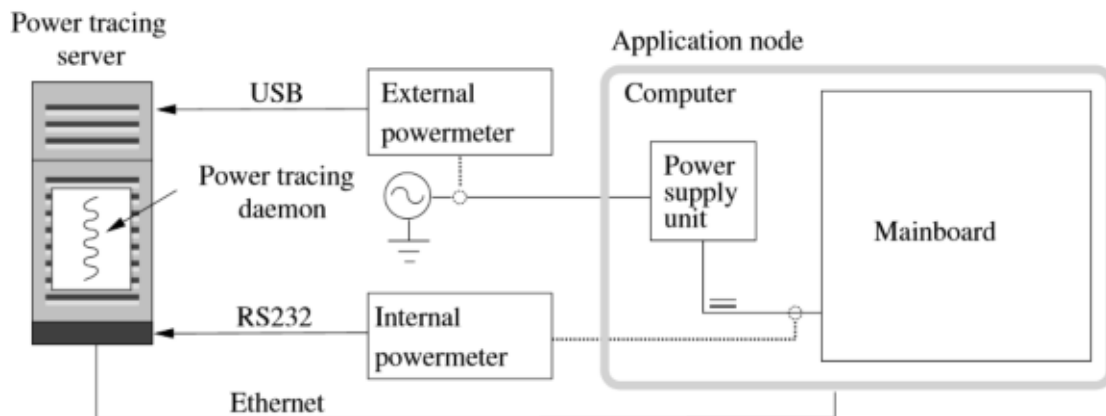


Figura 17 – Cenário de medição do consumo energético (Alonso *et al.*, 2012)

É relevante que a formulação do consumo energético com variáveis constantes tenha utilizado uma medição exterior (ver figura nº17) ao pc (global portanto) e depois uma

reduzida à placa mãe onde estão pelo menos 4 componentes: a placa mãe (em si própria), a memória RAM, o processador e a ventoinha do mesmo.

Ao aplicar-se a medição do consumo dinâmico para diferentes blocos de dados consegue-se perceber a evolução e com isso constituir uma fórmula matemática capaz de prever aumento do consumo (ver tabela nº2).

Task	1 kernel mapped to 1 core				2 kernels mapped to 2 cores of different sockets			
	Block size, <i>b</i>				Block size, <i>b</i>			
	128	192	256	512	128	192	256	512
P_P^D (dpotrf)	10.26	10.35	10.45	11.28	9.05	9.09	9.28	10.44
P_T^D (dtrsm)	10.12	10.31	10.32	10.80	9.45	9.57	9.60	11.08
P_S^D (dsyrk)	11.22	11.47	11.67	12.60	10.42	10.63	10.82	11.80
P_G^D (dgemm)	11.98	12.54	12.72	13.30	10.90	12.16	11.28	11.96
P_B^D (busy)	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62

Tabela 2 – Resultados da obtenção do consumo energético (Power Dinamic) (Alonso *et al.*, 2012)

Aplicando o cálculo simulado do consumo energético *versus* o consumo real é possível verificar a margem de erro do algoritmo (ver gráfico nº9).

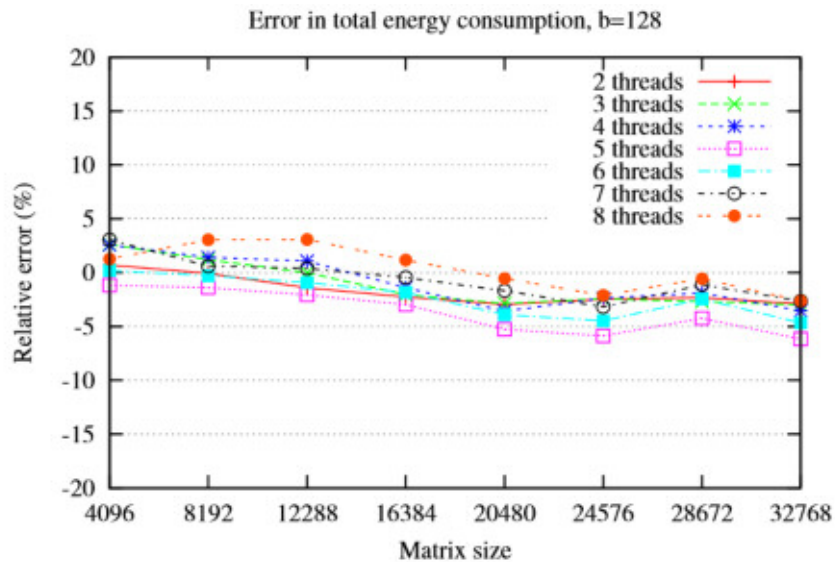


Gráfico 9 – Margem de erro entre o consumo simulado e o efetivo (Alonso *et al.*, 2012)

Alonso *et al.* (2012) demonstraram assim que era possível estimar o consumo energético por via do *software*, tornando o uso de equipamentos reais de medição de consumo um

extra. Porém, o facto de terem encontrado margens de erro do consumo estimado global no intervalo de 5% a 15% na margem de erro para o consumo efetivo global, fez com que o estudo se situe no limite da sua aceitação porque os equipamentos físicos do consumo energético utilizados tinham na sua especificação uma margem de erro próxima de 5%.

EAHPC – Ano de 2013

Knobloch *et al.* (2013) nas conclusões do seu trabalho de medição que envolveram o processamento de CPU, a utilização de memória e o consumo energético, referiram que medir estes componentes era importante para perceber a eficiência energética, porém admitiram que utilizar mais medidas que as utilizadas para a aferição do consumo era difícil por questões de confrontação temporal dos resultados.

Já Semin *et al.* (2013), em representação da Intel, para além de reforçarem que a refrigeração líquida é mais eficiente do que a refrigeração a ar, apresentaram dados importantes sobre o custo energético de movimentar dados, isto é, movimentar dados entre um chip e a memória. Esta pequena operação faz gastar ~150pJ por byte. Movimentar dados de chip para outro chip faz gastar ~15 a 50 pJ por byte e movimentar dados entre core para core faz gastar uma média de ~10pJ por byte (ver figura nº18).

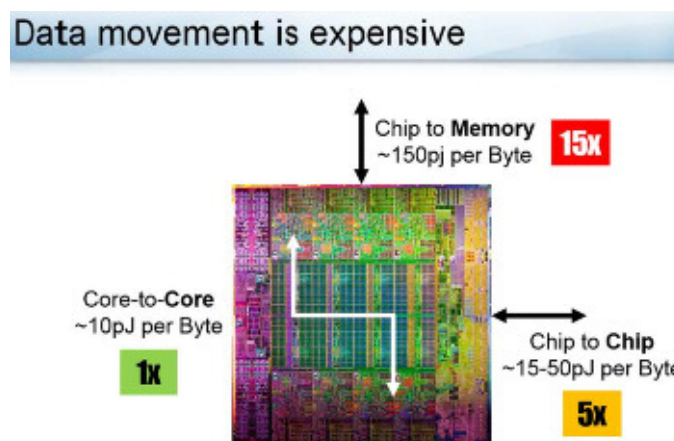


Figura 18 – Ilustração das perdas de energia a movimentar dados (Semin *et al.*, 2013)

Por fim, Wilde *et al.* (2013) apresentaram um resumo sistémico dos desafios atuais da computação ao nível da eficiência energética a que apelidaram de “The 4 Pillar Framework” como ilustram as figuras nº 19, 20 e 21.

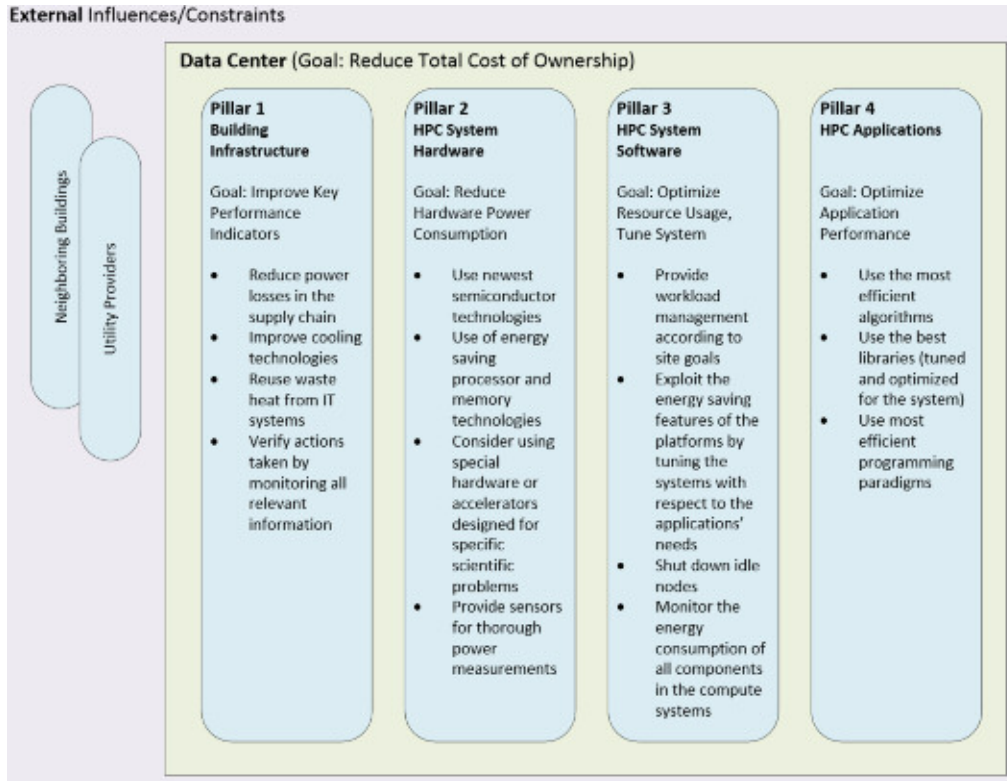


Figura 19 – Ilustração da “4 Pillar Framework” (Wilde *et al.*,2013)

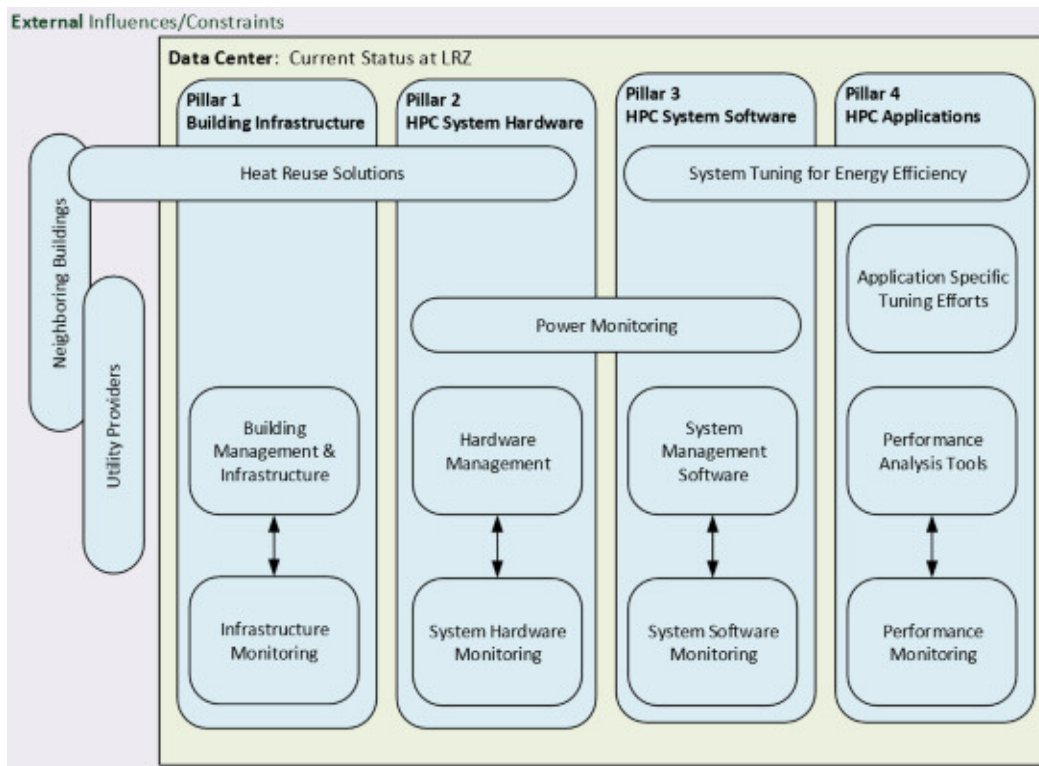


Figura 20 – Ilustração de Como se pode atingir a eficiência energética global (Wilde *et al.*,2013)

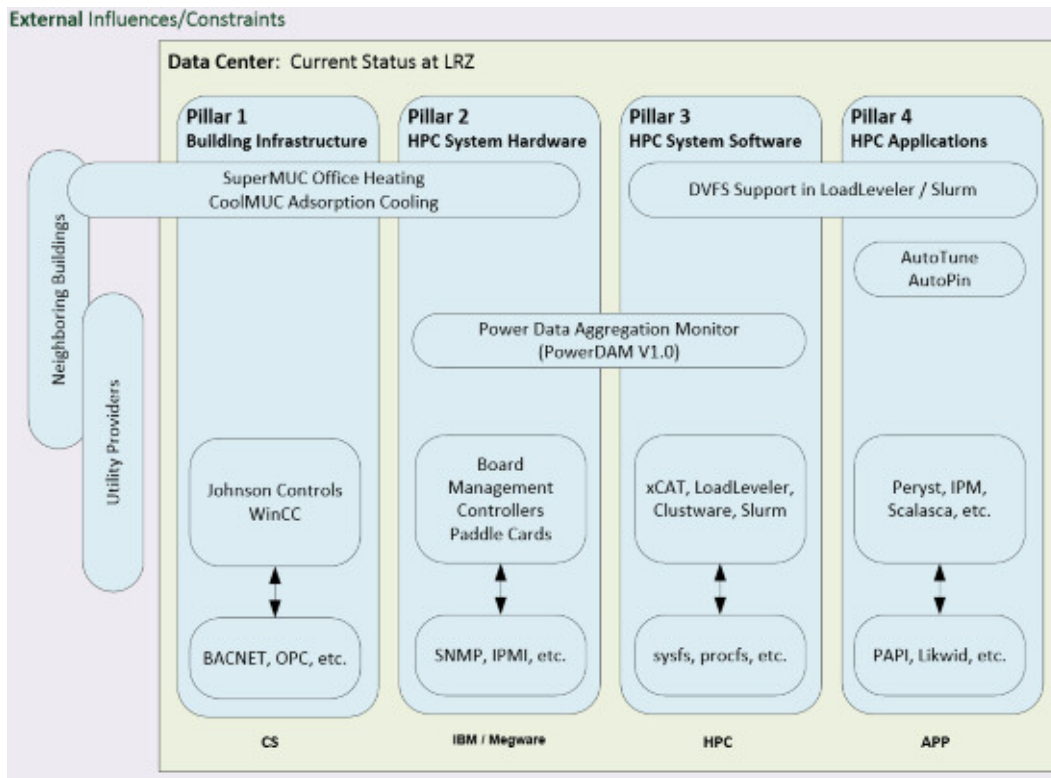


Figura 21 – Ilustração dos meios atuais na senda da eficiência energética (Wilde *et al.*,2013)

O modelo apresentado e a forma como se planeia fazê-lo evoluir absorveu muito do que já fora divulgado nos 4 anos da Conferência Internacional da Energy-Aware High Performance Computing. Em termos do estado atual e das ferramentas apresentadas como exemplo, poderá pensar-se que são bastantes. Porém o facto de serem demasiado independentes entre si faz com que a abordagem não seja holística e isso é algo que deve ser corrigido tão cedo quanto possível.

Joulemeter – O Contributo Outsider de Ouro da Microsoft

Já aqui foram analisados muitos contributos à temática da eficiência energética, alguns dos quais patrocinados por grandes empresas, mas nota-se, a ausência do grande *player* mundial – a Microsoft®. De facto, quando há referência a um SO nos trabalhos da conferência alemã é maioritariamente o Linux o SO utilizado. Isto explica-se, em parte, devido ao facto

de muitos dos estudos se fazerem ao nível das estações de servidores, onde a poupança energética se reflete quase diretamente na poupança financeira e a Microsoft® não domina esse mercado.

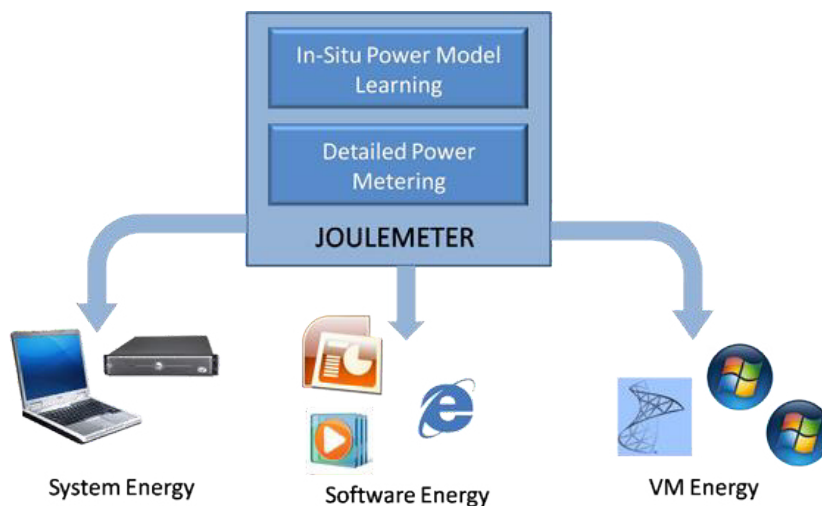


Figura 22 – Funcionalidades de simulação de consumo energético por Joulemeter (Kansal *et al.*, 2011)

Na verdade, e parecendo que a Microsoft® não dá muita atenção ao tema, isso não é totalmente verdade, e o seu contributo é muito significativo pois desenvolveu um *software* de medição do gasto energético via simulação – Joulemeter, em 2010 (curiosamente o ano do impulso alemão) e atualizou-o em 2011. Kansal *et al* (2011) foram os investigadores que concretizaram este simulador direcionado para os dispositivos portáteis, na linha de investigação de Stemen *et al.* (2008). Todavia, o simulador de Kansal *et al* (2011) é muito abrangente permitindo simular o uso do consumo energético numa Máquina Virtual, num computador “simples”, num servidor e ainda o consumo de uma aplicação de *software* (ver figura nº22) desde que esteja a ser executado no SO Windows® 7.

Ora é a funcionalidade de simular o consumo energético por parte de uma aplicação, e calcular exatamente quando esse consumo começa, a que mais interesse terá junto dos criadores de *software*, ainda que o facto de apenas permitir uma aplicação por cada vez, seja uma condicionante não ultrapassável na totalidade (por abrir duas vezes a aplicação). Desta forma o total contabilizado não é totalmente condizente, como se demonstra na figura nº23.

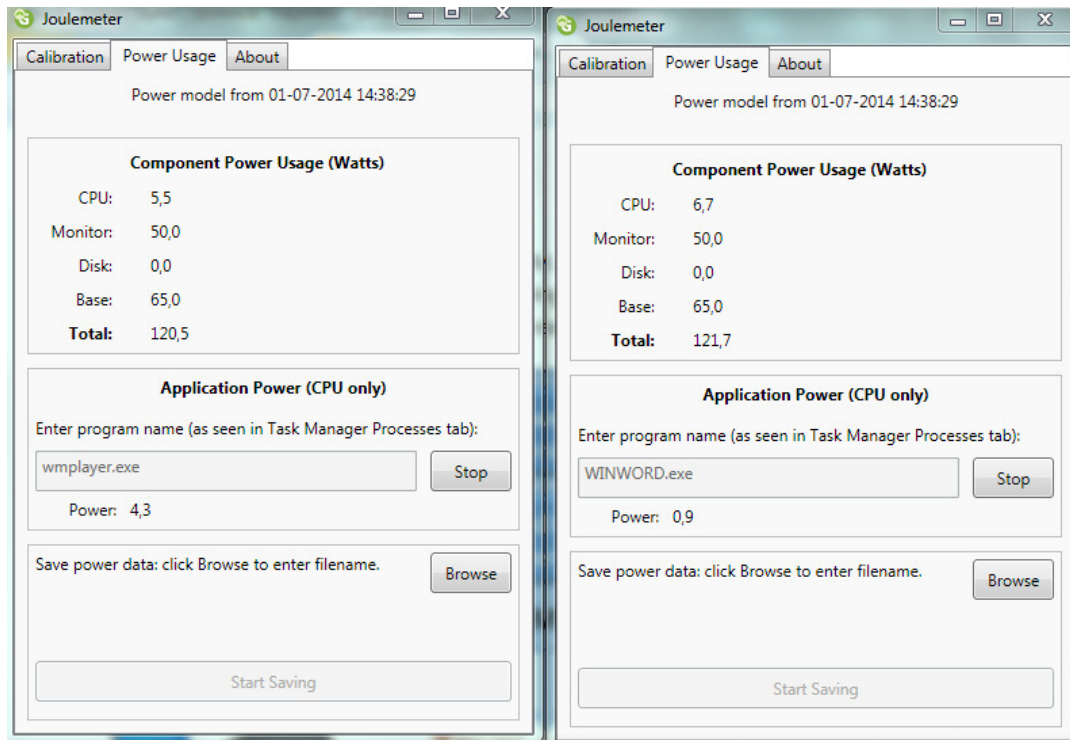


Figura 23 – Joulemeter, em funcionamento para duas aplicações em simultâneo (fonte própria)

Por último, este contributo de ouro para um tester de *software*, pelo facto de se basear num algoritmo desenvolvido em 2011 e do qual não há informação técnica, pode não ser o mais correto. De notar, também, que a realidade do *hardware* hoje no mercado, e mesmo as soluções estratégicas inseridas em cada software (já muito debatidas anteriormente por exemplo no trabalho de Mämmelä *et al.*) podem desvirtuar o resultado desta simulação. Outro exemplo ao nível das estratégias de *software* é colocar diferentes processos a correr em paralelo para o mesmo fim, facto evidenciado na figura nº24 (e.g. Flashplayerplugin + Firefox = www.youtube.com).

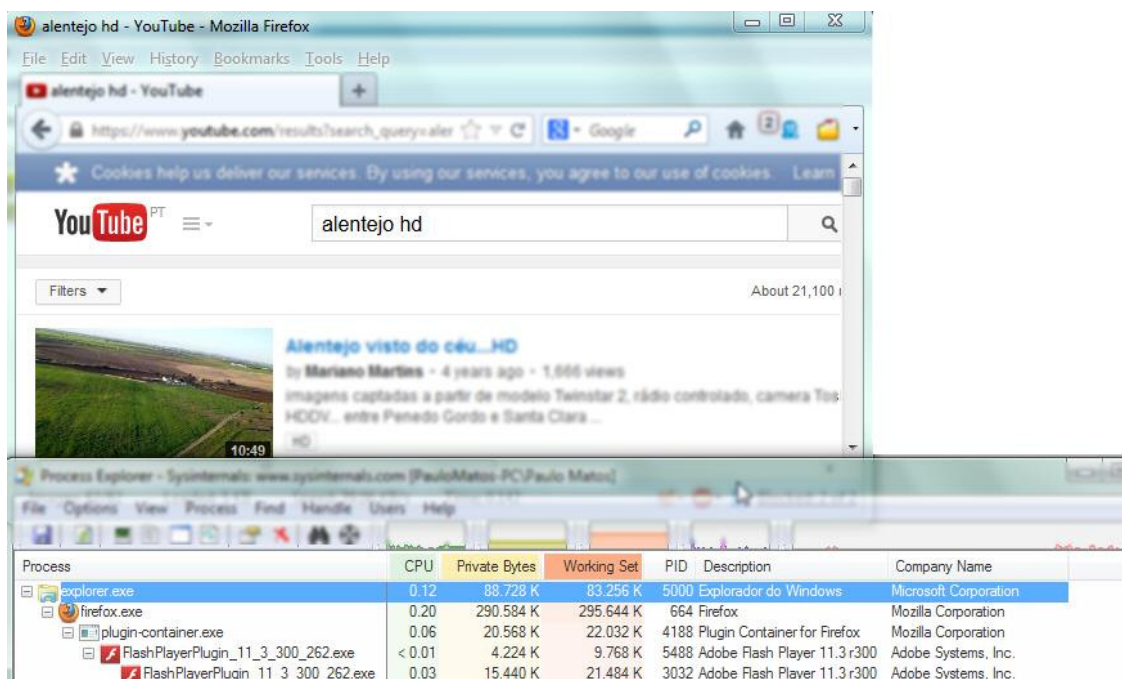


Figura 24 – Firefox ao navegar num site de vídeos on-line e os diferentes processos correspondentes (fonte própria)

ISO/IEC 14756:1999(E)

Durante a investigação já produzida foi encontrada uma breve referência à ISO/IEC 14756:1999(E) – “Measurement and Rating of Performance of Computer-based Software Systems” (Medição e Classificação da Performance de Sistemas de Software em Computadores). Atendendo ao título que lhe foi dado era obrigatório efetuar uma pequena análise sobre o assunto para perceber qual a possibilidade real da sua contribuição para o trabalho. Não obstante, o levantamento da informação limitar-se-á aos pontos que me parecem convenientes e apropriados e não será uma reprodução exhaustiva do que a ISO contém.

Âmbito e Abrangência

A norma internacional apresenta cinco orientações:

- 1) Para medir a influência do *software* no comportamento de um sistema de processamento de dados é necessário medir o comportamento do sistema no seu todo.

- 2) É necessário que os testes/medições a efetuar sejam reproduzíveis em qualquer momento, por terceiros.
- 3) Não é possível utilizar humanos na experiência porque não conseguem reproduzir comportamentos por períodos longos e repetitivos, sem que haja um desvio de comportamento. Dito de outra forma, os humanos não são determinísticos pois têm comportamento diversificado.
- 4) O resultado da medição consiste num conjunto de dados calculados que devem ser comparados com outro *software* (ou com outra versão do mesmo *software*) em igual *hardware*, mas para a mesma funcionalidade.
- 5) Os indicadores defendidos como sendo válidos são orientados ao ser humano, pelo que são independentes do *hardware* usado.

Desta forma, pelo primeiro e terceiro ponto percebe-se que a ISO irá recorrer a ferramentas de *software* para emular/simular por exemplo os comportamentos dos utilizadores e ainda obter as métricas (ficheiros de log) para poder apurar a eficiência do *software*, sempre exteriormente ao SUT (*systema under test*), ou seja, utilizando um *Remote Terminal Emulator* (RTE)

O quarto ponto indicado deve ser entendido com um grau de valoração decrescente, isto é, torna-se mais defensável equiparar duas versões diferentes do mesmo *software* do que dois *softwares* distintos com a mesma funcionalidade, ou ainda o par de *hardware/software* diferentes que façam no seu conjunto a mesma funcionalidade.

Já no ponto cinco, o facto de a medição ser suportada no fator tempo, permite que o *hardware* não tenha o foco. Os indicadores que a ISO considera válidos são “Tempo de Execução”¹⁹, “Rendimento”²⁰ e “Pontualidade/Assertividade temporal”²¹.

Também é indicado de forma clara que é da responsabilidade do *tester* recolher as provas dos resultados das medições, bem como considera-las aceites ou não. Será o *tester* o responsável por criar toda a documentação necessária, desde o procedimento de teste aos dados recolhidos, para que o processo de repetição possa ser feito por terceiros caso

¹⁹ Na língua inglesa é “execution time”.

²⁰ Na língua inglesa é “throughput”.

²¹ Na língua inglesa é “timeliness”.

pretendam. Por fim é dada a possibilidade do *tester* poder delimitar o início e fim das atividades consoante o que quiser investigar do *software*.

Definições

A ISO apresenta uma listagem de definições extensa onde esclarece o alcance máximo de cada termo. Abaixo transcrevo integralmente as mais relevantes para o presente trabalho.

“4.1 activity: An order submitted to the system under test (SUT) by a user or an emulated user demanding the execution of a data processing operation according to a defined algorithm to produce specific output data from specific input data and (if requested) stored data.

4.5 computer-based software system (CBSS): A software system running on a computer.

4.6 emulated user: The imitation of a user, with regard to the tasks he submits and his time behaviour, realized by a technical system.

4.7 execution time: The time which elapses between task submission and completion

4.12 preparation time: The time which elapses before the task submission. The event of starting the preparation time depends on the definition of the task mode of the following task. The preparation time value is the random chosen representation of an distributed variable with a defined mean and a standard deviation. They depend on the task type of the following task and the type of the emulated user generating the task.

4.15 remote terminal emulator (RTE): A data processing system realizing a set of emulated users

4.16 stabilization phase: The time interval of the measurement procedure when the RTE starts submitting tasks until the SUT reaches a stable state of operation.

4.18 system under test (SUT): The parts of the CBSS to be tested. All components which may influence the SUT's time behaviour shall be part of the SUT and if the influence depends on some workload, this workload shall be represented by the RTE too.

4.19 task: The combination of: a specific activity; a demanded execution time, defined by a specific timeliness function; a specific task mode.

4.31 user: A person (or instance) who uses the functions of a CBSS via a terminal (or an equivalente machine-user-interface) by submitting tasks and receiving the computed results.” ISO 14756:1999(E)

Procedimento de medição

O procedimento de medição sugerido impõe a existência de uma ligação ao exterior do SUT (LAN ou WAN) para a gravação do log da medição, para iniciar a tarefa a ser medida e para finalizar o processo. Existe assim o esforço em tornar o processamento da gravação dos dados de medição fora do SUT, para que ele próprio não esteja a ser o alvo dos testes (ver figura nº25). Verifica-se também a preocupação de só considerar o período válido e apto para medição, aquele que suceda ao RTE estar a gravar e cumulativamente o sistema estabilizar (ver figura nº26), isto é, o nível de processamento “acalme” por forma a neutralizar o efeito de ter mais um *software* a operar (ainda que indiretamente a partir do RTE) para além do SO (para se perceber, poderemos comparar este comportamento à retirada da tara do prato numa balança antes de calcular o peso de um objeto).

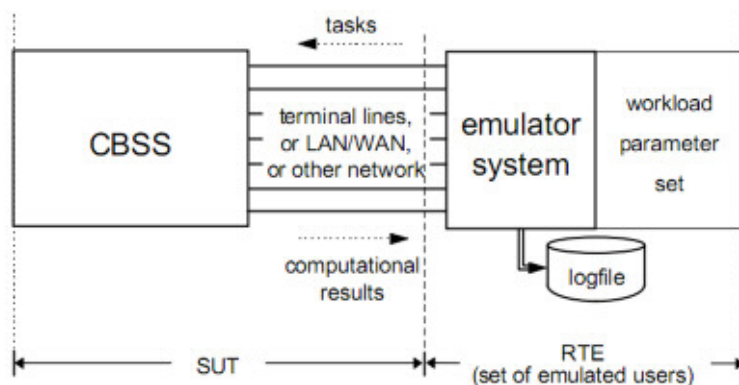


Figura 25 – Processo de Medição de Acordo com a ISO 14756:1999

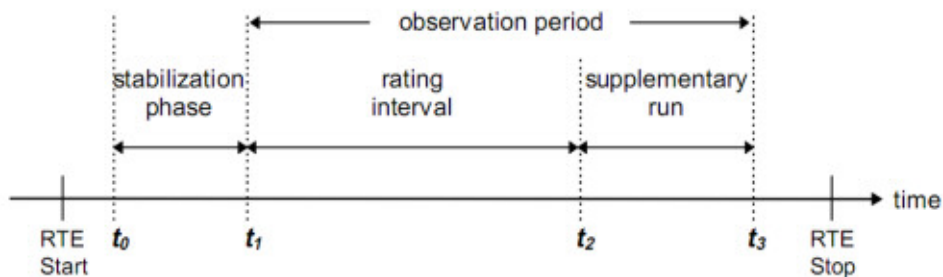


Figura 26 – Fases do Processo Medição de Acordo com a ISO 14756:1999

CAPITULO V – PROCEDIMENTO DE TESTE PARA AFERIÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO

O presente capítulo tem por objetivo documentar, de forma simples, transparente e completa o procedimento dos testes ao consumo energético do *software*, atendendo a que na atualidade não está definido nenhum tipo de teste de largo espectro, ao contrário da metodologia especializada em servidores definida pela SPEC como mais à frente indicamos ou ainda pela ISO 14756 que nos pareceu muito constrangedora em vários aspetos práticos. Estes objetivos são importantes porque irão permitir fazer uma comparação justa entre os futuros ensaios (regidos pela metodologia aqui apresentada) e ao mesmo tempo permitem que tanto os construtores de *software* e/ou *hardware* como os consumidores ou utilizadores confirmem os resultados obtidos.

Não será demais lembrar que o presente trabalho tem como objetivo massificar este tipo de testes pelo que as ferramentas de trabalho, como os medidores físicos, têm um custo controlado e no caso dos programas de *software* de apoio, os mesmos foram escolhidos, atendendo a obrigatoriedade de poderem ter uma utilização livre. Desta forma, assume-se que não são respeitadas algumas das indicações, como que por exemplo as que a SPEC (Standard Performance Evaluation Corporation)²² define para tornar válidos os seus ensaios. Um exemplo do não cumprimento das definições da SPEC, na presente metodologia, é a ausência da funcionalidade de registo de uma cópia dos dados apurados num dispositivo externo ao medidor, e a uma taxa mínima de 1.segundo. Reforça-se que para tornar válidos os ensaios do ponto de vista internacional, não só o procedimento tinha de ser cumprido, como era necessário utilizar algum dos equipamentos presentes na lista da SPEC²³. De igual modo a ISO permitiu avaliar a pertinência de alguns procedimentos (como por exemplo a fase de estabilização) e o descarte de outros (gravação exterior ao SUT). Ainda assim, estão embebidos na composição deste método (de 6 fases – ver figura abaixo) muitas ideias consideradas como “boas práticas” mas e que naturalmente não são estanques a evoluções futuras.

²² Fonte: http://www.spec.org/power/docs/SPEC-Power_and_Performance_Methodology.pdf

²³ Disponível em: http://www.spec.org/power/docs/SPECpower-Device_List.html

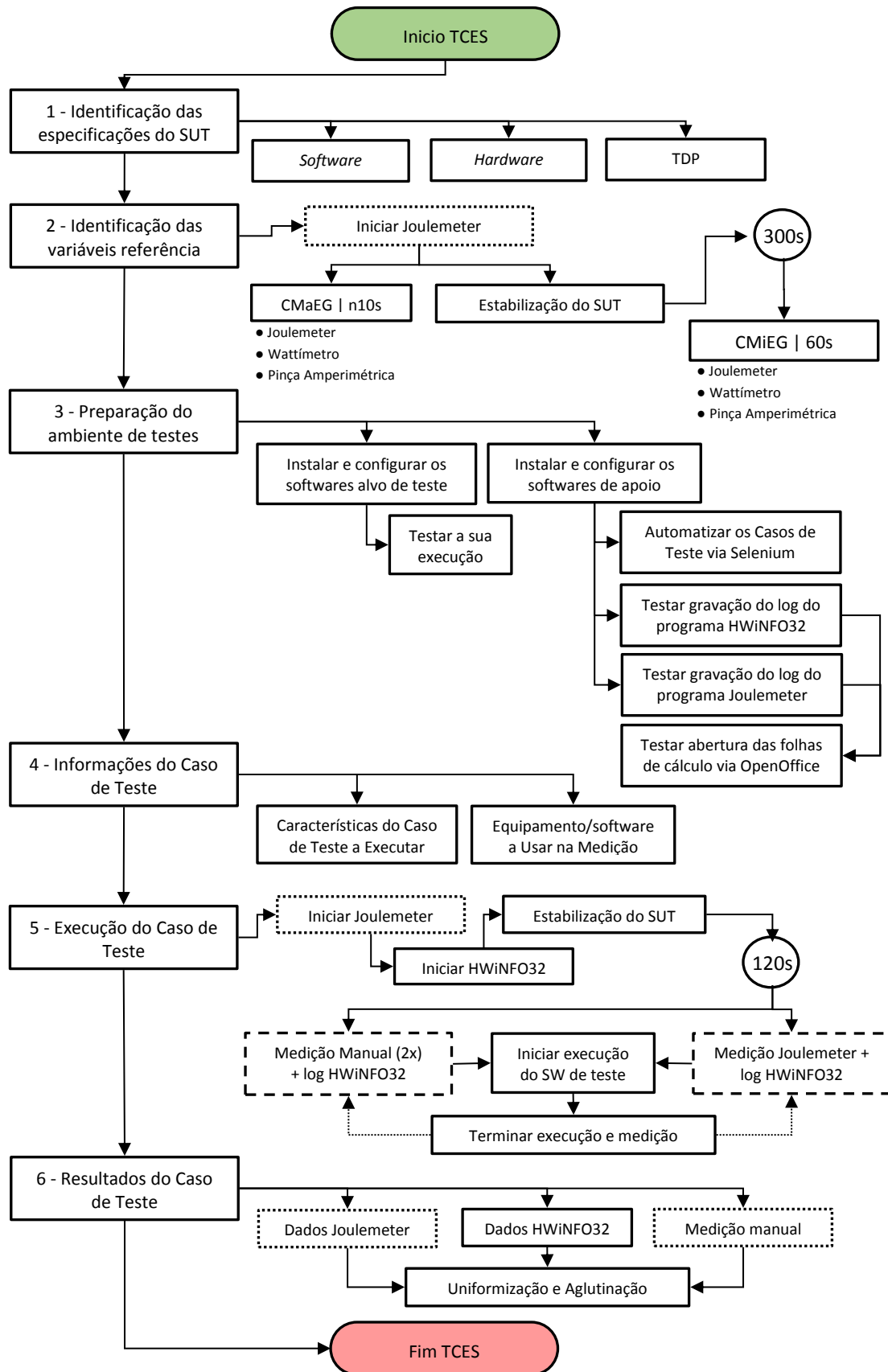


Figura 27 – Proposta para o Processo de Teste ao Consumo Energético do *Software* (TCES)

Parâmetros, Unidades de Medida e Definições

O presente trabalho faz alusão a diferentes conceitos e unidades de medida pelo que é necessário esclarecer o seu alcance.

Energia é a capacidade de gerar trabalho. Efetuar determinada tarefa com igual ou menos energia que o padrão considera que o sistema está a ser eficiente do ponto de vista energético.

A unidade de medida para **energia** em **sistemas mecânicos** é o **Joule (J)** e em **sistemas elétricos** o **Watt.segundo (normalmente quilowatt.hora – kWh)**. Um joule é assim equivalente a 1 watt.segundo. $1\text{Wh} = 3600\text{J}$, $1\text{kWh} = 3600000\text{J}$.

Potência elétrica (em **watts**) é o produto do valor instantâneo da corrente (A ou I, em amperes) e o valor instantâneo da tensão (U, em volts). $\mathbf{P = I \times U}$

Por sua vez, o “calor” é um subproduto das operações ocorridas no sistema computacional e corresponde a uma parcela da energia que transita entre sistemas e que não pode ser associada à execução de trabalho mecânico. O calor deve ser dissipado pois acima de determinada temperatura é prejudicial à boa execução do trabalho mecânico por parte dos componentes presentes num computador.

Eficiência energética é o resultado da divisão do trabalho útil executado sob a energia consumida. $\mathbf{EE = TUE / EC}$.

O acrónimo SUT (*system under test*) corresponde ao sistema alvo do teste.

O acrónimo TDP (*Thermal Design Power*) (em watts), corresponde à Energia Térmica de Projeto e representa a quantidade máxima de energia que um sistema refrigerando de um computador necessita dissipar.

A unidade de tempo utilizada por defeito será o tempo em segundos (Ts).

Indicadores Base

Decorrente da investigação inicial, tornou-se clara a necessidade da existência de indicadores base, que deverão ser medidos no início da execução do **Plano de Testes**:

1) Especificações do SUT (**ESUT**). O SUT deve mencionar as seguintes especificações:

- a) Tipologia de computador: desktop ou portátil
- b) Sistema operativo com menção à arquitetura (32 ou 64 bits)
- c) Processador, com número de núcleos e velocidade de relógio
- d) Memória RAM
- e) Disco rígido (HD) com menção das RPM (rotações por minuto), capacidade de armazenamento (em GB) e dimensão física (em polegadas)
- f) Placa gráfica com menção da memória
- g) Placa mãe (MB)
- h) Sistema de refrigeração é por dissipação de ar ou envolve um circuito líquido

2) **CMiEG – consumo mínimo energético global**²⁴ do SUT, em watts. Representa o consumo energético do sistema computacional ligado mas sem a realização de qualquer “trabalho”, seja processamento ou movimentação de dados. O CMiEG pode não ser o valor mais baixo do sistema, nas situações em que o *software* a testar necessite obrigatoriamente de algum componente extra, por exemplo ligação à internet. Se considerasse-mos o valor mínimo sem “extras obrigatórios” ao programa de *software*, este seria penalizado artificialmente pois tenderia a ter uma base de variabilidade de consumo maior.

3) **CMaEG – consumo máximo energético global** do SUT, em watts. O valor máximo que foi encontrado num pico do sistema.

²⁴ Poderá ser equiparado ao conceito inglês “idle”.

4) **TDP – Thermal Design Power**, de quatro componentes indicados pelos fabricantes com a indicação nominativa do componente:

- a) Processador (CPU)
- b) Placa gráfica (GPU)
- c) Disco rígido (HD)
- d) Placa-mãe (MB), em watts

A recolha destes indicadores permite o cumprimento do controlo de qualidade, na medida em que os casos testes podem ser replicáveis na mesma estrutura computacional por outrem.

Medição via Equipamentos Físicos

A medição física poderá realizar-se utilizando dois equipamentos (em simultâneo ou não): 1) medidor de potência elétrica ou wattímetro, e 2) pinça amperimétrica digital com medidor de potência (em watts).

Após pesquisa, foram escolhidos os equipamentos abaixo identificados por apresentarem custos controlados, isto é, no caso do primeiro o preço médio em 2014 era de 25 €, e no segundo caso, também em 2014, o preço médio era de 150 €.

A grande vantagem da medição física face à via *software* é que pode ser feita independente do SO, mantendo-se sempre válida.

Medidor de potência elétrica digital ou wattímetro digital

- brennenstuhl ® PM 231 E²⁵ (CAT II 2500V)



Technical Data

Product: Power Meter PM 231

Type of protection: IP20

Nominal voltage: 230 V ~ 50 Hz

Max. load: 3600 W (230 V ~ 16 A)

Measuring range voltage: 90 - 276 V AC

Measuring accuracy voltage: +/-1%

Measured range current: 0.01 - 16 A

Measuring accuracy current: +/-1% or +/-0.01 A

Measuring range power: 0.2 - 3600 W

Measuring accuracy power: +/-1% or +/-0.2 W

Power consumption range: 0 - 9999.9 kWh

Measuring range frequency: 45 - 65 Hz

Power consumption: < 0.5 W

Operating temperature: -10 °C to +40 °C

Pinça Amperimétrica Digital com medidor de potência

- CEM DT-3348 (CAT III 600V)²⁶



Function	Max Range	Basic Accuracy	Max. Resolution
AC Current	1000A	±(2.5%+5d)	1A
DC Current	1000A	±(3.0%+4d)	1A
AC Voltage	600V	±(0.8%+2d)	0.1mV
DC Voltage	600V	±(1.0%+4d)	0.1mV
Resistance	40MOhm	±(1.0%+4d)	0.1
Frequency (Hz)	100 KHz	± (1.2% + 3d)	0.01MHz
AC Power	240kW	±(3.0% + 5d)	10W
DC Power	240kW	±(2.5% + 5d)	10W
KW	240 KW	±(2.5% + 5d)	0,1 KW

²⁵ Fonte: <http://brennenstuhl.com/en-DE/multi-way-extensions-und-plug-in-appliances/primera-line-adapter/primera-line-wattage-and-current-meter-pm-231-e-1.html>

²⁶ Fonte: <http://www.metershock.com/cem-dt-3348-clamp-on-ac-dc-current-voltage-wattage-frequency-resistance-meter-true-rms-240kw-1000-amp.html>

Os dispositivos foram escolhidos pelo facto de não só ambos terem um visualizador da informação digital para a unidade de medida Watt (W), mas também porque a sua abordagem de medição é oposta. O **wattímetro** é um dispositivo invasivo na cadeia de fornecimento elétrico ao SUT, pelo que mede efetivamente o consumo energético. É portanto uma **medição direta**. A **pinça amperimétrica** não é invasiva no circuito elétrico e desta forma não influencia, positiva ou negativamente, o consumo medido. Contudo o apuramento é estimado pelo campo magnético da pinça, diz-se então que é uma **medição indireta**.

Existe outra diferença considerável: o wattímetro apenas conseguirá medir o consumo energético via cabo de alimentação do computador, enquanto a pinça para além de medir o consumo no mesmo cabo de alimentação (ainda que descarnado nos três fios condutores), poderá medir a transferência de energia entre os vários componentes (placa-mãe, disco rígido, etc.) com a sua fonte de alimentação (isto se, se tratar de um sistema computacional clássico (desktop) e não um dispositivo móvel (e.g. portátil)).

Medição via software para SO Windows®

No capítulo anterior o programa de *software* Joulemeter foi considerado como “O Contributo Outsider de Ouro” por parte da Microsoft® porque a sua existência permitirá efetuar uma simulação virtual de consumo energético ao SO com mais quota de mercado na atualidade (79% se considerarmos todos os ambientes Windows®, e mais de 50% se considerarmos apenas a versão 7). Acrescente-se ainda a dupla funcionalidade de medição, isto é, ao consumo global do SUT e ao programa executável em si.

Para utilizar este *software* fornecido pela Microsoft® o primeiro passo será efetuar o download²⁷ e instalar o programa num SO Windows® 7 (requisito obrigatório).

Após esse momento devem ser tomadas duas opções consoante o ambiente de teste onde vão ocorrer os testes: efetuar uma calibração manual se for um desktop clássico, ou deixar

²⁷ Disponível em: <http://research.microsoft.com/en-us/downloads/fe9e10c5-5c5b-450c-a674-daf55565f794/>

que o Joulemeter por si só efetue a calibração automática como é exemplificado na figura nº29 (basta desligar o portátil da corrente elétrica, e este entrar em modo de consumo de bateria).

Para efetuar uma calibração manual (apenas para desktop), o tester deve estar previamente munido da seguinte informação: CMiEG e o TDP do processador (considera-se que o monitor tem alimentação própria e não com origem no CPU).

Assim, ao executar a aplicação Joulemeter surge uma janela com 3 tabuladores. No tabulador “Calibration” deve-se pressionar o botão “Manual Entry” que faz abrir uma nova janela com quatro (4) campos disponíveis para preenchimento (ver figura nº28).

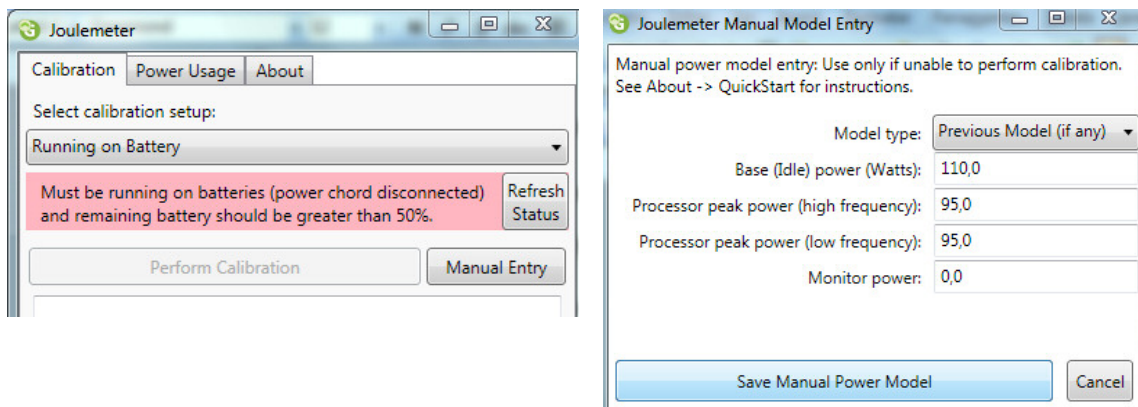


Figura 28 – Calibração manual do Joulemeter (fonte própria)

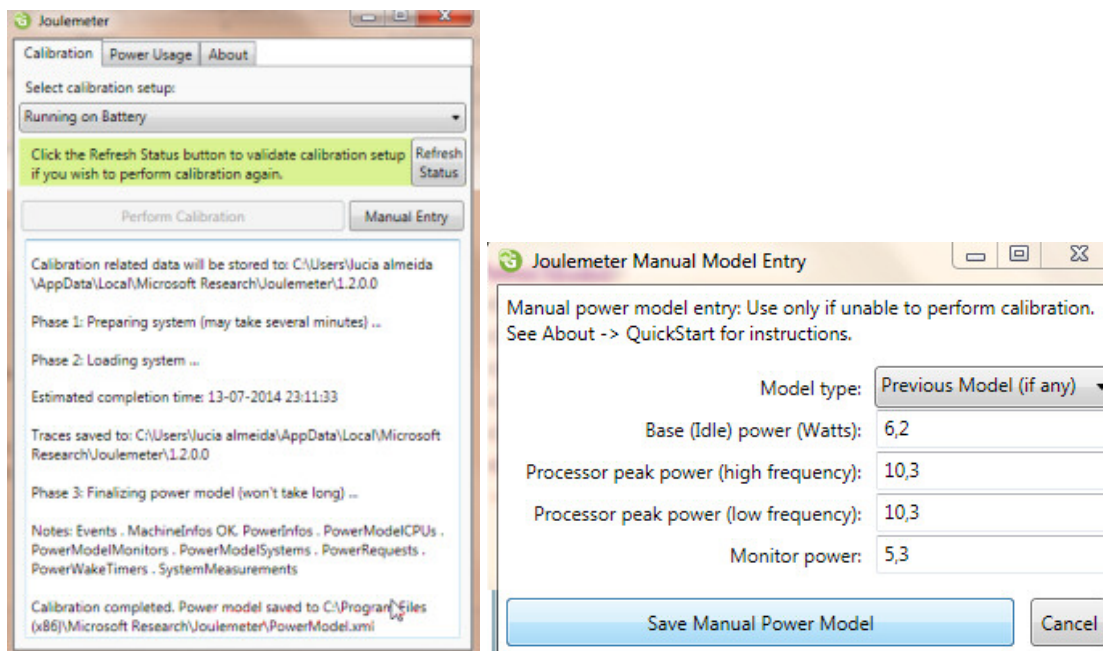


Figura 29 – Calibração automática do Joulemeter (fonte própria)

No campo apelidado “Base (Idle) power (Watts)” introduzir o valor do CMiEG.

No campo apelidado “Processador peak power (high frequency)” introduzir o valor TDP do processador.

Nos campos apelidados “Processador peak power (low frequency)” e “Monitor power” introduzir valores a zero.

Por fim premir o botão “Save Manuel Power Model”.

A janela é encerrada e o utilizador volta ao ecrã inicial onde deverá clicar no separador “Power Usage” e pode, de imediato, visualizar a simulação da medição do consumo energético para o sistema em uso. Pode ainda adicionar uma monitorização específica a um processo que esteja a correr (para verificar o nome do processo a monitorizar deve aceder ao “Gestor de Tarefas do Windows” e no tabulador “Processos” verificar o nome pelo qual o sistema conhece o processo – ver figura nº30).

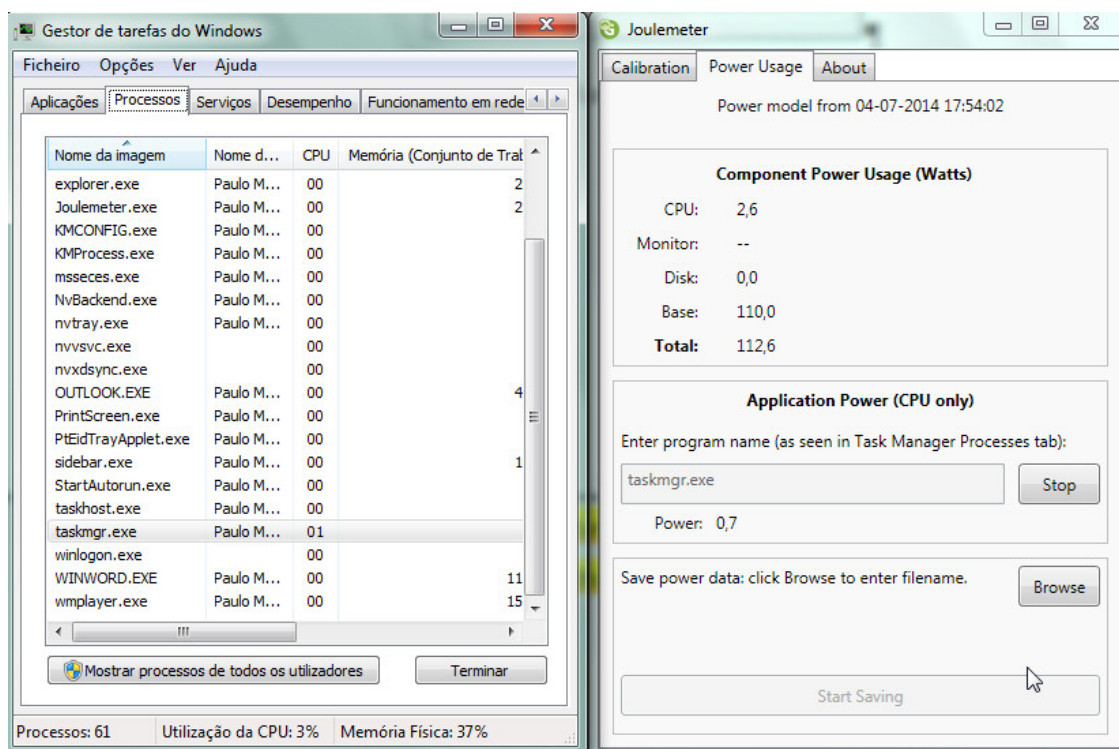


Figura 30 – Joulemeter e Gestor de Tarefas do Windows (ambos) em funcionamento, sendo que o primeiro está a monitorizar o consumo energético do segundo (fonte própria)

Programas de Software de Apoio aos Testes

Para facilitar o procedimento de testes de *software* ao seu consumo energético são utilizados *softwares* de apoio. Estes *softwares* (ver tabela 3), tanto são utilizados nos testes propriamente ditos como na identificação prévia de variáveis para controlo do ambiente de testes. Todos são de uso livre.

Nome do Software	Funcionalidade	Link para download
Joulemeter 1.2 Microsoft Research	Ferramenta de <i>software</i> para Windows 7, que estima o consumo de energia do computador por via de monitorização de recursos.	http://research.microsoft.com/en-us/downloads/fe9e10c5-5c5b-450c-a674-daf55565f794/
HWiNFO32 (v4.40-2240) Martin Malík - REALiX	Ferramenta de <i>software</i> para sistema Windows a 32 bits, para recolha de informações de hardware, monitorização em tempo real de recursos e geração de relatórios.	http://www.hwinfo.com/download.php
HeavyLoad (version 3.3.1.230) 32 bit Jam Software	Ferramenta de <i>software</i> para Windows a 32 bits para testes de carga ao hardware. Os testes de carga podem ser direcionados ao CPU (Full CPU Load), à capacidade de escrita pelo disco rígido (Write temp file), à capacidade de armazenamento de memória RAM (Allocate Memory), à capacidade de leitura do disco rígido em diferentes estruturas de pastas (Start TreeSize) e à renderização por parte da GPU – Graphic processing unit (Stress GPU).	https://www.jam-software.de/customers/downloadTrial.php?article_no=402&language=EN&PHPSESSID=3q303b88subh06s5fg59el0v04
IntelBurnTest v2.54 Xtreme Gaming Studio	Ferramenta de <i>software</i> para Windows a 32 bits, para testes de carga exclusivamente CPU. Permite escolher várias opções como quantos núcleos a testar em simultâneo.	http://www.techspot.com/downloads/4965-intelburntest.html
Apache OpenOffice 4.1	Ferramenta de <i>software</i> para Windows com uma suite de produtividade (processador de texto, folha de cálculo, criador de apresentações, base de dado, criador de fórmulas e criador de desenhos).	https://www.openoffice.org/ppt/download/
Mozilla Firefox 30.0 Mozilla Foundation.	Ferramenta de <i>software</i> para Windows com o intuito de navegar na internet.	https://www.mozilla.org/en-US/firefox/all/
Selenium IDE (add Firefox) Software Freedom Conservancy	Ferramenta de <i>software</i> que após ser adicionada ao Firefox, permite efetuar gravação e repetição de ações em sites da internet de forma automática.	http://docs.seleniumhq.org/projects/ide/
CrazyClock crazypixels.com	Ferramenta de <i>software</i> para Windows com a funcionalidade de mostrar o relógio digital do sistema no formato “HH24:MM:SS” sobre outras aplicações e de forma discreta.	http://www.crazypixels.com/products/freeware

Tabela 3 – Listagem Resumo dos Softwares de Apoio

Apuramento dos Indicadores Prévios à Execução do Plano de Testes

Para poder iniciar o ensaio deve ter-se em consideração alguns indicadores para que o ambiente de teste esteja devidamente documentado. Para realizar esta tarefa sugere-se o uso de vários *softwares* de apoio e a consulta de *sites* especializados que contenham grandes bases dados on-line com dados técnicos.

ESUT

1.a) Visualmente o tester tem a noção se o tipo de equipamento é um desktop ou um equipamento portátil, não só pelo seu *design*, mas principalmente pela existência de uma bateria no equipamento.

1.b) Para determinar qual o SO e o tipo de versão instalados no computador o utilizador poderá ir para a linha de comandos (cmd.exe) e executar a seguinte texto “echo %PROCESSOR_ARCHITECTURE%”. Em seguida, na linha de comandos é indicado ao tester qual o número da versão do SO e a arquitetura (ver figura nº31).

Para apoio seguem abaixo as tabelas de conversão.

Nome comercial do SO	Versão do SO indicada na linha comandos
Windows® XP	5.1
Windows® Vista	6.0
Windows® 7	6.1
Windows® 8	6.2
Windows® 8.1	6.3

Tabela 4 – Conversão entre nome comercial e número de versão

Arquitetura do SO	Código indicado na linha comandos
32 bits	x86
64 bits	x64

Tabela 5 – Conversão entre nome da arquitetura do SO e código atribuído



Figura 31 – Apuramento de dados do SO via linha de comandos (Fonte própria)

1.c) Para determinar qual o processador, número de núcleos e velocidade de relógio o tester deve socorrer-se do programa de apoio HWiNFO32. Assim, após o programa se iniciar, deve ser seleccionada a opção “Summary-only” e premir o botão “Run” (ver figura nº32).

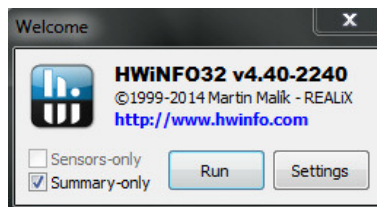


Figura 32 – Programa HWiNFO32 com opção “Summary-only” (Fonte própria)

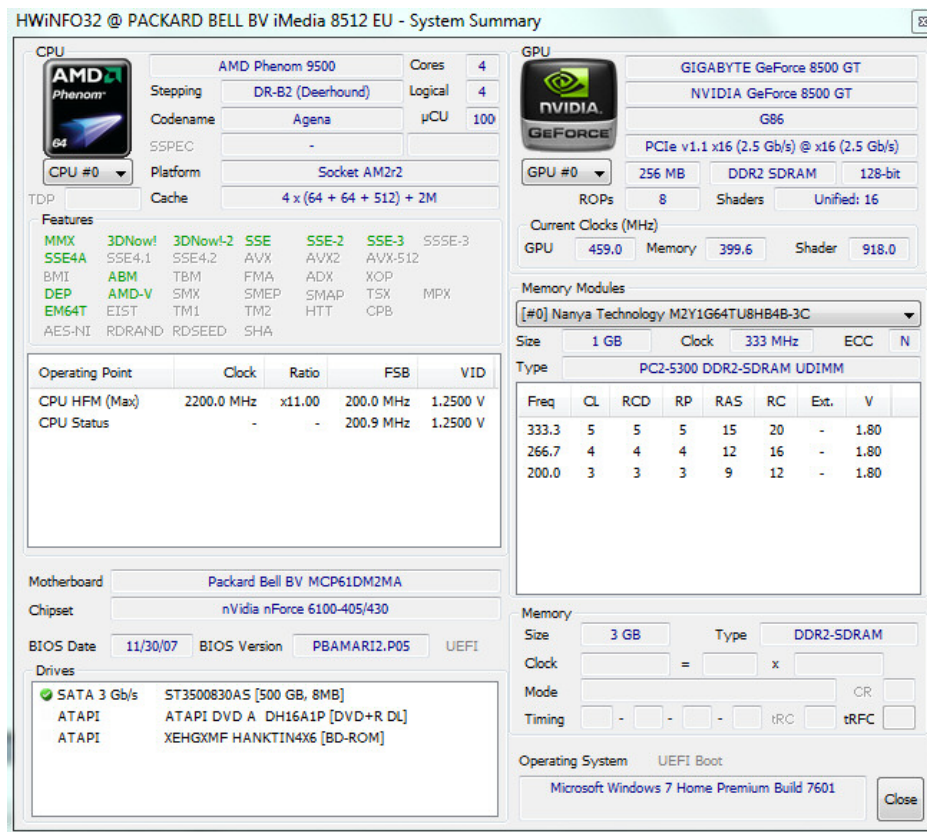


Figura 33 – Dados obtidos por programa HWiNFO32 em modo de resumo (Fonte própria)

A informação pretendida encontra-se no campo “CPU”, “Cores” e na coluna “Clock”. No exemplo da figura 33 é “AMD Phenom 9500 / 4 (cores/núcleos) / 2200.00 MHz”.

1.d) Para saber a quantidade de memória RAM o tester deverá recolher a informação utilizando o HWiNFO32 que a indica no campo “Memory: Size”. No exemplo da figura 28 é “3 GB”.

1.e) Para as especificações do disco rígido o tester deverá recolher a informação do modelo em uso pelo programa HWiNFO32 e em seguida socorrer-se do *site* <http://www.hdsentinel.com> (que serve de referência para a área). Para o exemplo da figura 28, o modelo do disco é “ST3500830AS” e no *site*: www.hdsentinel.com a informação recolhida é que “Hard Disk Model: SEAGATE ST3500830AS | Capacity: 500 GB | Rotational Speed: 7200 RPM” (ver figura nº34 e 35).

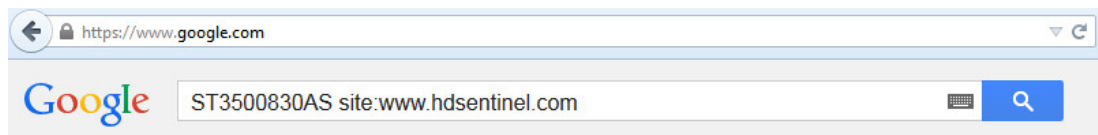
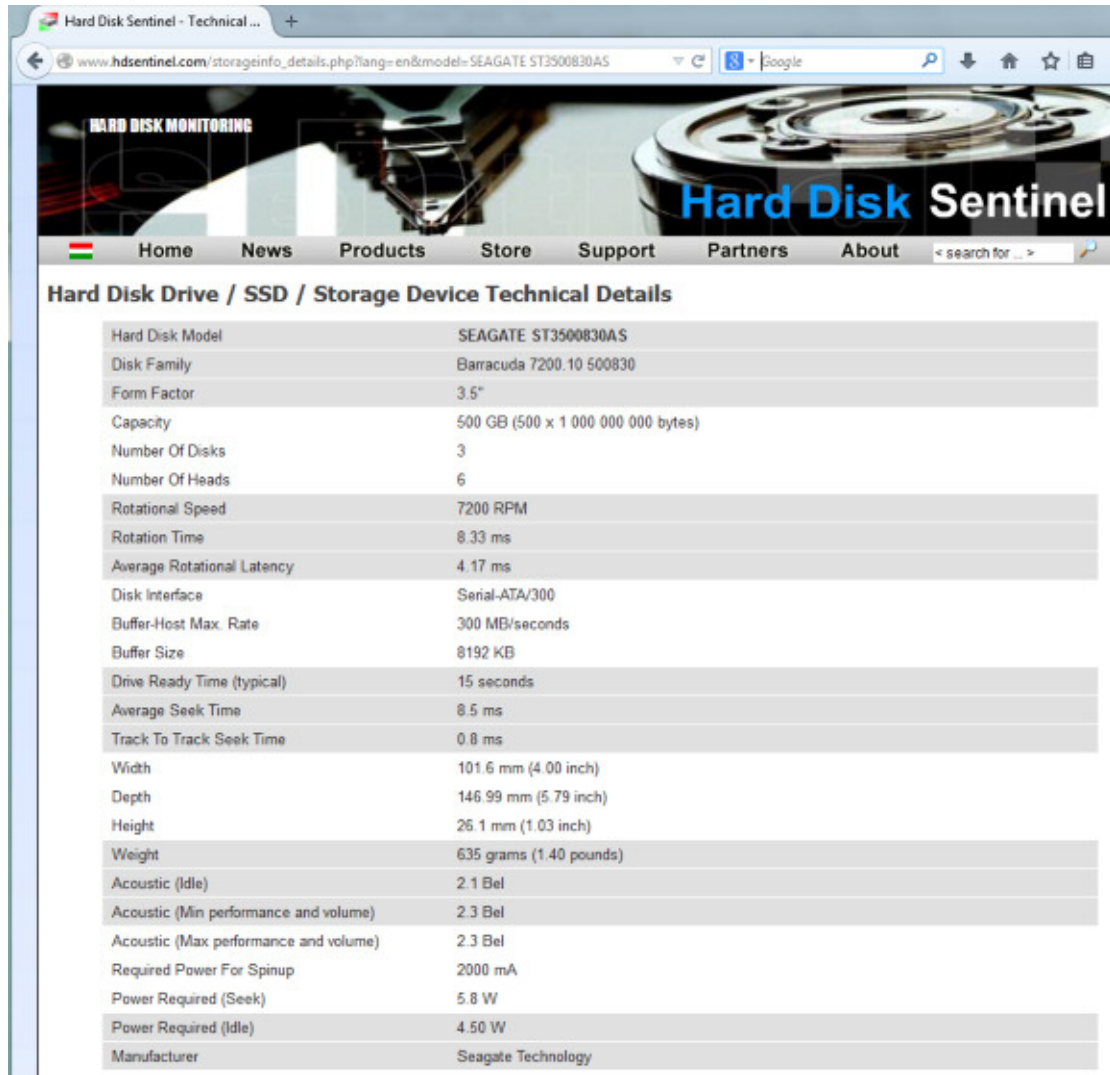


Figura 34 – Pesquisa de informações no site hdsentinel via Google: ST3500830AS site:www.hdsentinel.com



The image shows a screenshot of the Hard Disk Sentinel website. The browser address bar displays 'www.hdsentinel.com/storageinfo_details.php?lang=en&model=SEAGATE ST3500830AS'. The page title is 'Hard Disk Drive / SSD / Storage Device Technical Details'. Below the title is a table of technical specifications for the SEAGATE ST3500830AS hard drive.

Hard Disk Model	SEAGATE ST3500830AS
Disk Family	Barracuda 7200.10 500830
Form Factor	3.5"
Capacity	500 GB (500 x 1 000 000 000 bytes)
Number Of Disks	3
Number Of Heads	6
Rotational Speed	7200 RPM
Rotation Time	8.33 ms
Average Rotational Latency	4.17 ms
Disk Interface	Serial-ATA/300
Buffer-Host Max. Rate	300 MB/seconds
Buffer Size	8192 KB
Drive Ready Time (typical)	15 seconds
Average Seek Time	8.5 ms
Track To Track Seek Time	0.8 ms
Width	101.6 mm (4.00 inch)
Depth	146.99 mm (5.79 inch)
Height	26.1 mm (1.03 inch)
Weight	635 grams (1.40 pounds)
Acoustic (Idle)	2.1 Bel
Acoustic (Min performance and volume)	2.3 Bel
Acoustic (Max performance and volume)	2.3 Bel
Required Power For Spinup	2000 mA
Power Required (Seek)	5.8 W
Power Required (Idle)	4.50 W
Manufacturer	Seagate Technology

Figura 35 – Informações do disco SEAGATE ST3500830AS disponibilizadas pelo site hdsentinel (Fonte própria)

1.f) No caso da placa gráfica, mais uma vez, o programa HWiNFO32 disponibiliza a informação necessária. No exemplo da figura 33 é “Graphics Card: GIGABYTE GeForce 8500 GT | Graphics Memory Size; 256 MB”.

1.g) O nome da placa mãe também é indicado pelo programa HWiNFO32. No exemplo da figura 33 é “Motherboard: Packard Bell BV MCP61DM2MA”.

1.h) No último parâmetro (se o sistema é ventilado [ver figura nº36] ou refrigerado com liquido [ver figura nº37]) o tester deverá, se possível, efetuar uma inspeção visual. Caso não possa desmontar a torre ou o portátil, deverá deixar este parâmetro com a indicação de não ser passível a validação.



Figura 36 – Sistema computacional refrigerado a ar²⁸



Figura 37 – Sistema computacional refrigerado a líquido²⁹

²⁸ Fonte: <http://vermeulen.ca/PICT5327-case-fan-power.jpg>

²⁹ Fonte: http://cdn.overclock.net/7/75/755fc7ef_1436928.jpeg

2) O cálculo do CMiEG pode ser feito de duas formas: via medição física ou simulada pelo *software* Joulemeter. Em qualquer um dos casos o tester deve ter o computador ligado há pelo menos 5 minutos, sem que esteja a realizar qualquer tipo de operação em *front-end*³⁰ (não existir nenhuma aplicação a correr no tabulador do gestor de tarefas como demonstra a figura nº38) ou no *back-end* (por exemplo antivírus a analisar o sistema ou desfragmentação do disco). É importante garantir que o CMiEG seja calculado nas condições mais aproximadas em que vão ser feitos os testes. Por exemplo, se os testes vão ser executados num computador com acesso à net (logo a emitir e receber pacotes de dados via cabo ou *wifi*) então CMiEG deve ser apurado nas mesmas circunstâncias. No caso de se pretender que a medição seja feita pelo Joulemeter, este deve estar aberto enquanto se aguarda pela passagem dos 5 minutos anteriormente mencionados como requisito de tempo.

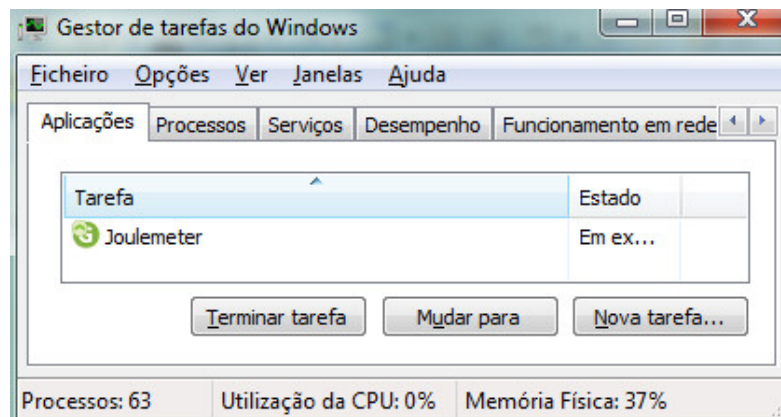


Figura 38 – Gestor de Tarefas do Windows só com a aplicação Joulemeter a “correr”
(Fonte própria)

Assim, cumpridos os 5 minutos o tester deverá durante 1 minuto, preencher o consumo global do sistema a cada 5 segundos e no final a média do consumo registado em Watts. Está apurado o CMiEG do sistema. Os valores recolhidos não têm em conta valores decimais.


Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ts	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Watt	110	108	110	111	111	111	110	109	114	110	110	112

—
x
111

Tabela 6 – Cálculo do CMiEG de um SUT

³⁰ Encerrar todas as aplicações em primeiro plano.

3) O cálculo do CMaEG em igual procedimento ao CMiEG pode ser feito de duas formas: via medição física ou simulada pelo *software* Joulemeter. O objetivo é verificar o consumo máximo (de pico) que o sistema pode atingir. O tester deverá socorrer-se dos dois programas de apoios disponíveis: HeavyLoad e IntelBurnTestV2.

Atenção o apuramento deste valor pode danificar o computador³¹. Apenas se recomenda a execução do teste durante o máximo de 10 segundos de cada vez, em cada um dos programas. No caso do HeavyLoad (ver figura nº39), para ativar todas as opções de teste basta pressionar nos botões da barra de ferramentas e iniciar o teste no botão “Play” () como demonstra a figura nº40.

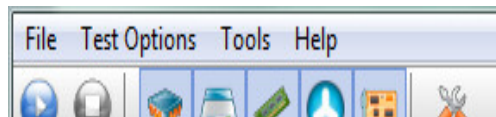


Figura 39 – Barra de ferramentas do HeavyLoad com todos os tipos de teste ativados (Fonte própria)

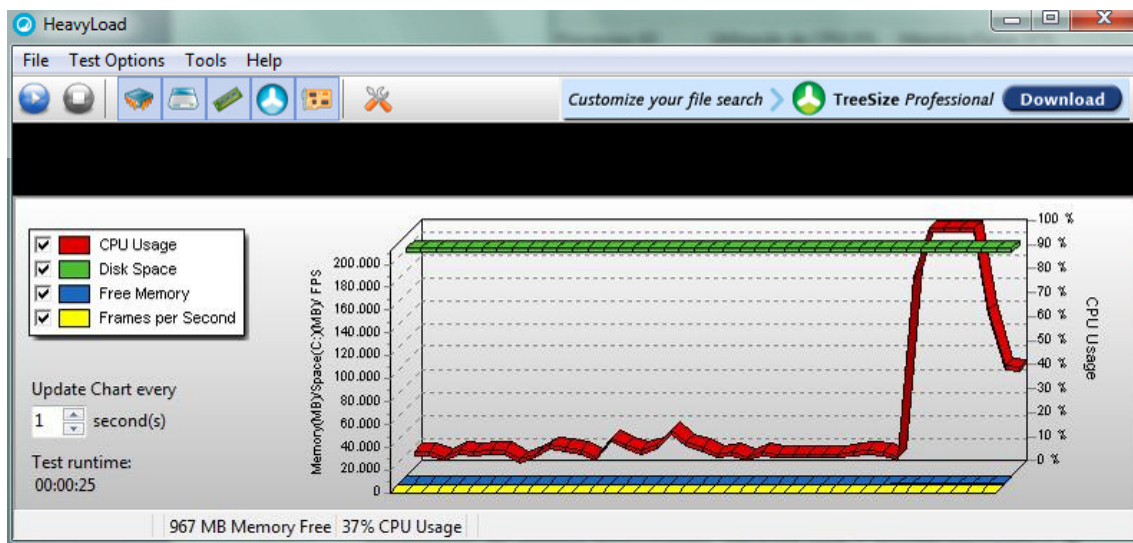


Figura 40 – GUI do HeavyLoad após este operar durante alguns segundos (Fonte própria)

³¹ Antes de executar o teste recomenda-se uma inspeção visual ao sistema de refrigeração para confirmar que não há “pó” ou qualquer outro elemento a obstruir o bom funcionamento dos componentes, em particular os de refrigeração. Como alternativa, e ser for um *desktop* poderá retirar-se o invólucro de proteção do sistema.

No programa IntelBurnTest v2.54 é só pressionar no botão “Start” para começar o teste (ver figura nº41).

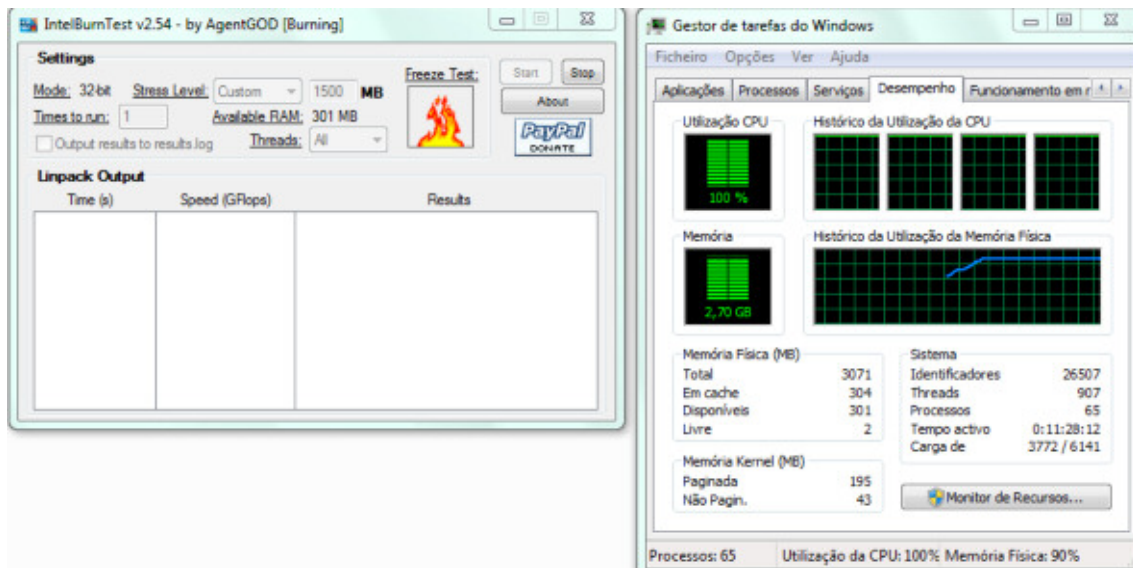


Figura 41 – à esquerda, GUI do IntelBurnTest v2.54 a executar o teste de stress apenas sob o CPU, à direita monitorização dos recursos via TaskManager (Fonte própria)

CMAEG máximo encontrado: _____ W

4.a) Para apurar o TDP do processador, mais uma vez temos de nos socorrer do programa HWiNFO32. Após a recolha do nome do processador, utiliza-se o Google® e efetua-se uma pesquisa direcionada ao site www.cpu-upgrade.com³² para recolha do TDP (ver figura nº42 e 43).

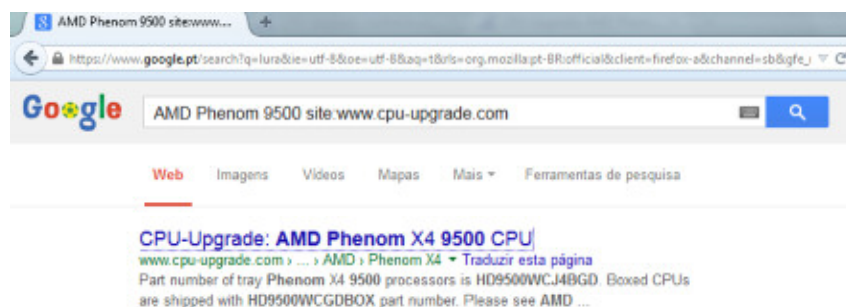


Figura 42 – Pesquisa de informações no site cpu-upgrade via Google: “AMD Phenom 9500 site:www.cpu-upgrade.com” (Fonte própria)

³² Site considerado de referência e especializado, na atualidade - 2014

AMD Phenom X4 9500 CPU

Home > All CPUs > AMD > Phenom X4 > 9500

AMD Phenom X4 9500 specifications

The specs below were provided by CPU-World, and they are published with their permission. Please check CPU-World website for complete specifications.

[Phenom X4 9500 CPU](#)
on CPU-World.com

General specs

Microarchitecture:	K10
Core Name:	Agena
Manufacturing Process:	0.065 micron
Socket Type:	Socket AM2 / Socket AM2+
The Number of Cores:	4
The Number of Threads:	4
Multiprocessing:	Not supported
Frequency:	2.2 GHz
Bus speed:	1.8 GHz
L1 Cache:	256 KB (code) 256 KB (data)
L2 Cache:	2 MB
L3 Cache:	2 MB
Thermal Design Power:	95 Watt
Supported memory:	DDR2-1066

Instructions and Technologies

Execute Disable Bit?	Yes
64-bit Support?	Yes
Hyper-Threading technology?	No
Virtualization?	Yes
Enhanced SpeedStep?	Yes
Instruction Set Extensions:	MMX SSE SSE2 SSE3

Figura 43 – Informações do disco processador AMD Phenom 9500 / TDP: 95 Watt, disponibilizadas pelo *site* cpu-upgrade (Fonte própria)

4.b) No caso do TDP da placa gráfica utiliza-se o programa HWiNFO32 para a identificação nominal. Posteriormente, via Google®, efetua-se uma pesquisa direcionada ao *site* <http://www.gpureview.com> para recolha do TDP. No exemplo da figura 28 a *string* de pesquisa para o Google é “GIGABYTE GeForce 8500 GT *site*:www.gpureview.com”.



Figura 44 – Informações do GPU GIGABYTE GeForce 8500 GT / TDP: 40 Watt, disponibilizadas pelo site gpureview (Fonte própria)

4.c) O apuramento do TDP para o disco rígido segue o mesmo padrão da recolha de dados para o indicador 1.e).

4.d) Por último, o apuramento do TDP para a placa-mãe é o mais complicado de todos, e tem que ser visto caso a caso. Sugere-se uma pesquisa aprofundada no site www.cpu-upgrade.com (ver figura nº44). Porém não será 100% garantido que valor seja encontrado nem mesmo no site do fabricante.

Apuramento dos Indicadores HWiNFO32 – Execução do Caso de Testes

Os elementos mais importantes desta dissertação são o apuramento de diversos indicadores associados à execução dos casos de teste em simultâneo com o registo manual, a cada 5 segundos, do consumo energético do SUT (se for o caso).

Para obter os dados do sistema iremos utilizar, mais uma vez, o programa HWiNFO32, porém no modo “Sensors-only” (ver figura nº45 e 46).



Figura 45 – Execução do programa HWiNFO32 com a opção “Sensors-only” (Fonte própria)

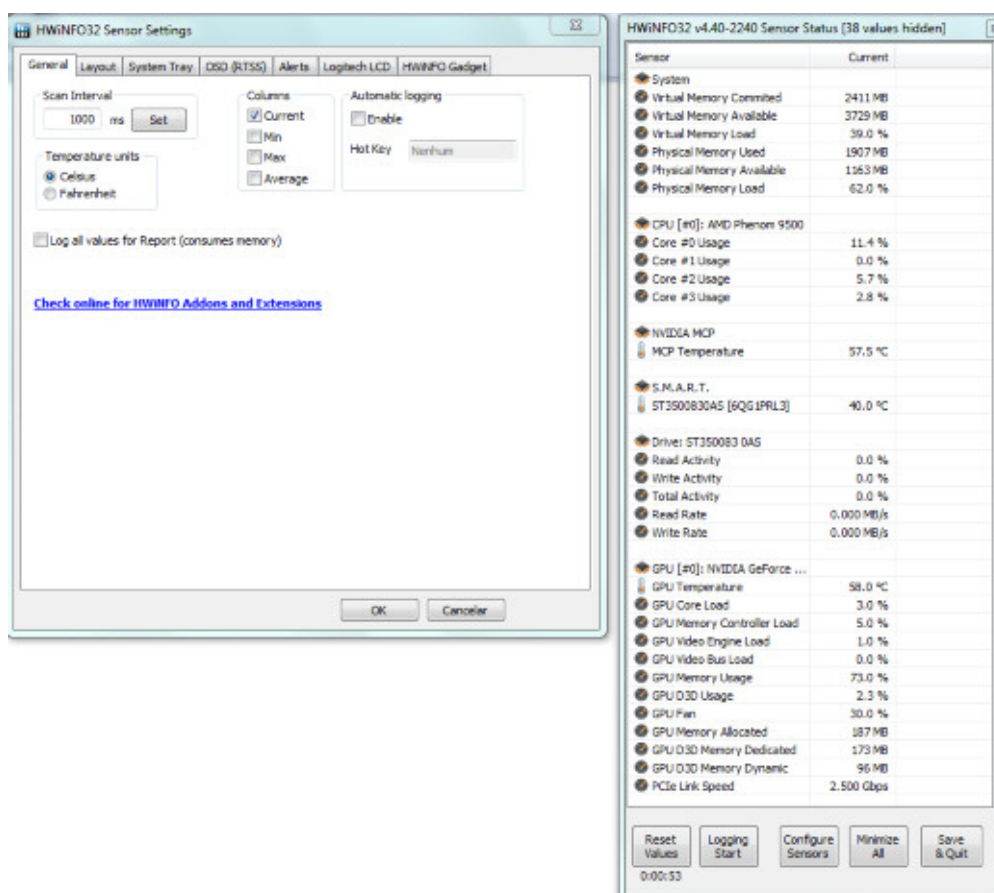


Figura 46 – Configuração do HWiNFO32 para mostrar apenas alguns indicadores, e com um intervalo de medição de 1 segundo (1000ms) (Fonte própria)

Pelo facto de a medição ocorrer a cada segundo não haverá problemas em comparar os resultados com os que são medidos manualmente (períodos de 5 segundos).

Para iniciar a gravação o tester deve premir no botão “Loggin Start” (ver figura nº47), o qual abre um ecrã onde é possível escolher a localização do futuro ficheiro com registo da medição. A partir do momento que pressiona o botão “gravar” o registo começa a ser feito.

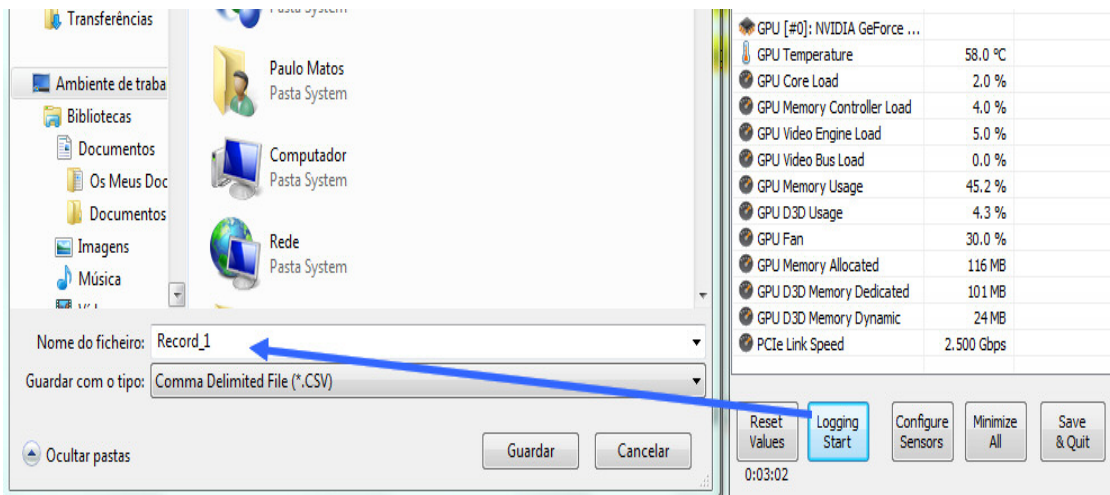


Figura 47 – Gravação de variáveis do SUT utilizando o HWiNFO32 (Fonte própria)

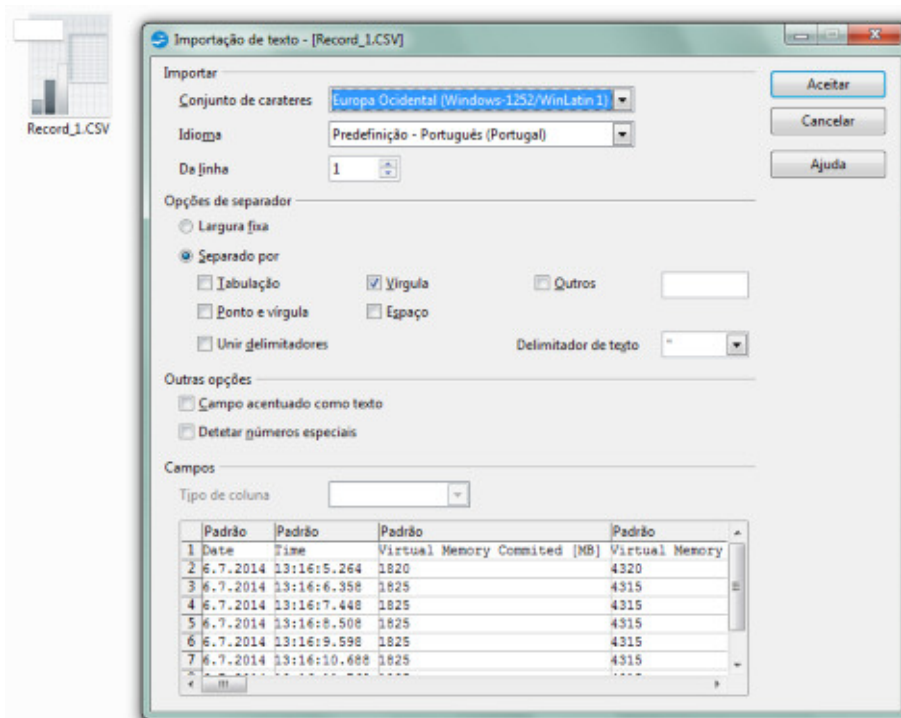


Figura 48 – Abertura dos dados provenientes do HWiNFO32 no programa Open Calc (Fonte própria)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1			Virtual Memory Committed [MB]	Virtual Memory Available [MB]	Virtual Memory Load [%]	Physical Memory Used [MB]	Physical Memory Available [MB]	Physical Memory Load [%]
	Date	Time						
2	6.7.2014	13:16:5.264	1820	4320	29.0	1451	1620	47.0
3	6.7.2014	13:16:6.358	1825	4315	29.0	1459	1612	47.0
4	6.7.2014	13:16:7.448	1825	4315	29.0	1459	1612	47.0
5	6.7.2014	13:16:8.508	1825	4315	29.0	1459	1612	47.0
6	6.7.2014	13:16:9.598	1825	4315	29.0	1459	1612	47.0
7	6.7.2014	13:16:10.688	1825	4315	29.0	1458	1613	47.0
8	6.7.2014	13:16:11.768	1825	4315	29.0	1458	1613	47.0
9								

Figura 49 – Evolução do uso da memória temporária (Fonte própria)

	A	B	J	K	L	M	N	O
1			Core #1 Usage [%]	Core #2 Usage [%]	Core #3 Usage [%]	Max CPU/Thread Usage [%]	Total CPU Usage [%]	MCP Temperature [°C]
	Date	Time						
2	8.7.2014	11:7:28.260	10	12,8	15,7	15,7	11,8	57,8
3	8.7.2014	11:7:29.350	2,7	1,3	2,7	2,7	2	57,9
4	8.7.2014	11:7:30.430	4,2	5,7	5,7	5,7	4,3	57,7
5	8.7.2014	11:7:31.522	5,7	17,3	7,2	17,3	9	57,6
6	8.7.2014	11:7:32.615	7,1	24,2	12,8	24,2	16,7	57,8

Figura 50 – Uso dos núcleos do processador e temperatura da placa-mãe (Fonte própria)

	A	B	N	O	P	Q	R	S
1			ST3500830AS [6QG1PRL3] [°C]	Read Activity [%]	Write Activity [%]	Total Activity [%]	Read Rate [MB/s]	Write Rate [MB/s]
	Date	Time						
2	6.7.2014	13:16:5.264	40.0	0.0	0.2	0.2	0	122
3	6.7.2014	13:16:6.358	40.0	4.3	0.0	4.3	52	3
4	6.7.2014	13:16:7.448	39.0	0.0	0.1	0.1	0	52
5	6.7.2014	13:16:8.508	39.0	0.0	2.3	2.3	0	358
6	6.7.2014	13:16:9.598	40.0	0.0	0.0	0.0	0	1
7	6.7.2014	13:16:10.688	40.0	0.0	0.0	0.0	0	15
8	6.7.2014	13:16:11.768	39.0	0.0	0.0	0.0	0	1
9								

Figura 51 – Evolução da atividade ao nível do disco rígido e temperatura (Fonte própria)

	A	B	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1			GPU Temp. [°C]	GPU Core Load [%]	GPU Memory Controller Load [%]	Video Engine Load [%]	Video Bus Load [%]	GPU Memory Usage [%]	GPU D3D Usage [%]	GPU Fan [%]	GPU Memory Allocated [MB]	GPU D3D Memory Dedicated [MB]	GPU D3D Memory Dynamic [MB]
2	6.7.2014	13:16:5.264	58.0	1.0	5.0	6.0	0.0	44.3	3.8	30.0	113	99	29
3	6.7.2014	13:16:6.358	58.0	1.0	4.0	5.0	0.0	44.3	2.9	30.0	113	99	26
4	6.7.2014	13:16:7.448	58.0	0.0	4.0	6.0	0.0	44.3	1.7	30.0	113	99	26
5	6.7.2014	13:16:8.508	58.0	0.0	3.0	6.0	0.0	44.3	0.6	30.0	113	99	26
6	6.7.2014	13:16:9.598	58.0	0.0	3.0	5.0	0.0	44.3	0.4	30.0	113	99	26
7	6.7.2014	13:16:10.688	58.0	0.0	3.0	6.0	0.0	44.3	0.3	30.0	113	99	26
8	6.7.2014	13:16:11.768	58.0	0.0	3.0	6.0	0.0	44.3	0.5	30.0	113	99	26
9													

Figura 52 – Evolução da atividade do GPU e temperatura (Fonte própria)

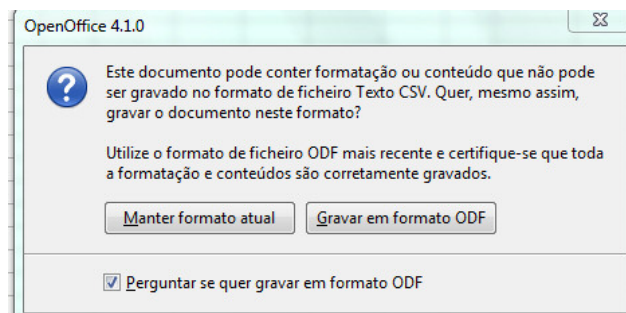


Figura 53 – Gravação do ficheiro de dados que estava em “.csv” para “.odf”

Após terminar o período em que se quer retirar os dados do sistema o tester abre o ficheiro “.csv” na *suite* de produtividade OpenOffice, nomeadamente o programa Open Calc. Ao abrir o ficheiro deverá escolher as opções “separado / por vírgula” (ver figura nº48) para que o documento seja imediatamente convertido em colunas na folha de cálculo.

Nas figuras nº49, 50, 51, 52 e 53 é mostrado o detalhe das diversas colunas por áreas correlacionáveis.

Como os segundos são registados unitariamente, o tester pode dividi-los em classes de 5 segundos, se o entender, para o tornar igual ao registo manual do consumo energético. Por último, ao sair da folha de cálculo deverá guardar no formato “.odf” que é o formato livre e podemos considerá-lo ser parcialmente correspondente ao “.xls” (ver figura nº53).

Apuramento dos Indicadores Joulemeter – Execução do Caso de Testes

Apurar o consumo energético via programa Joulemeter também é acessível, ainda que o tratamento a efetuar ao “.csv” em momento posterior seja um pouco mais complexo.

O processo inicia-se com o programa já em contexto e com a escolha do local onde queremos que o Joulemeter coloque a gravação do ficheiro dos dados medidos (ver figura nº54).

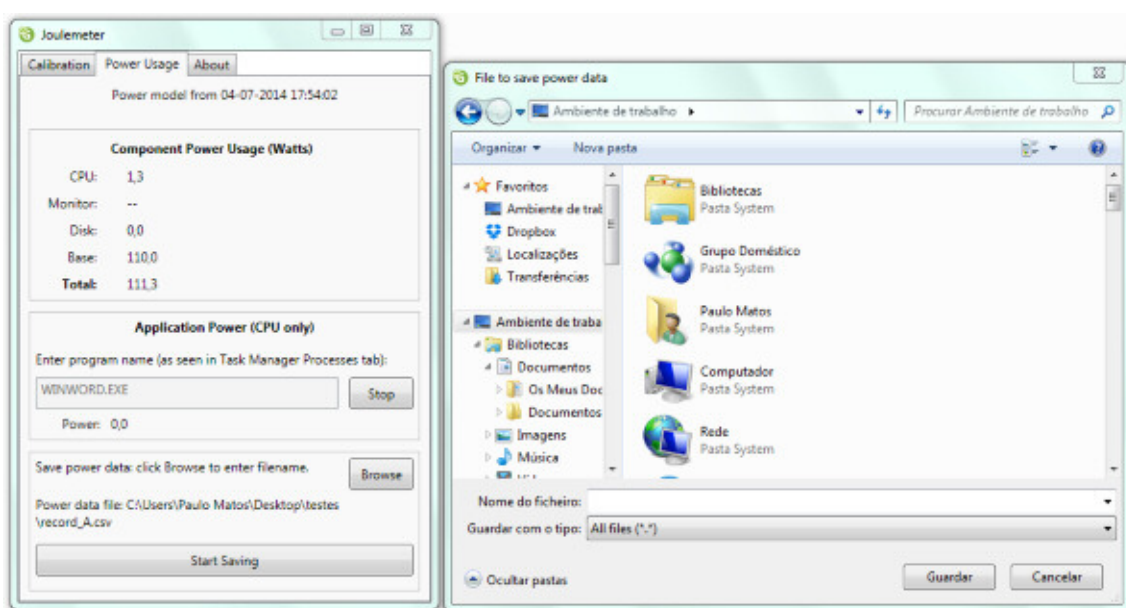


Figura 54 – Gravação da variável de consumo do SUT utilizando o programa Joulemeter

Em seguida pressiona-se o botão “Start Saving” e o programa passa a registar no ficheiro os dados do consumo, sendo que quando o teste tiver sido realizado é só pressionar no mesmo botão que agora apresenta o nome “Stop Saving”.

Deve-se então abrir o novo “.csv” no OpenOffice, sendo que este de imediato propõe a conversão para uma folha de cálculo com os valores na colunas. Para que isto aconteça deve-se escolher a opção “separado por: Ponto e Virgula” e adicionar na opção “Outros” e introduzir “)” (ver figura nº55). Após este momento a folha de cálculo fica devidamente carregada de dados, distribuídos em sete colunas: 1) TimeStamp (ms), 2) Total Power (W), 3) CPU (W), 4) Monitor (W), 5) Disk (W), 6) Base (W) e 7) Application (W).

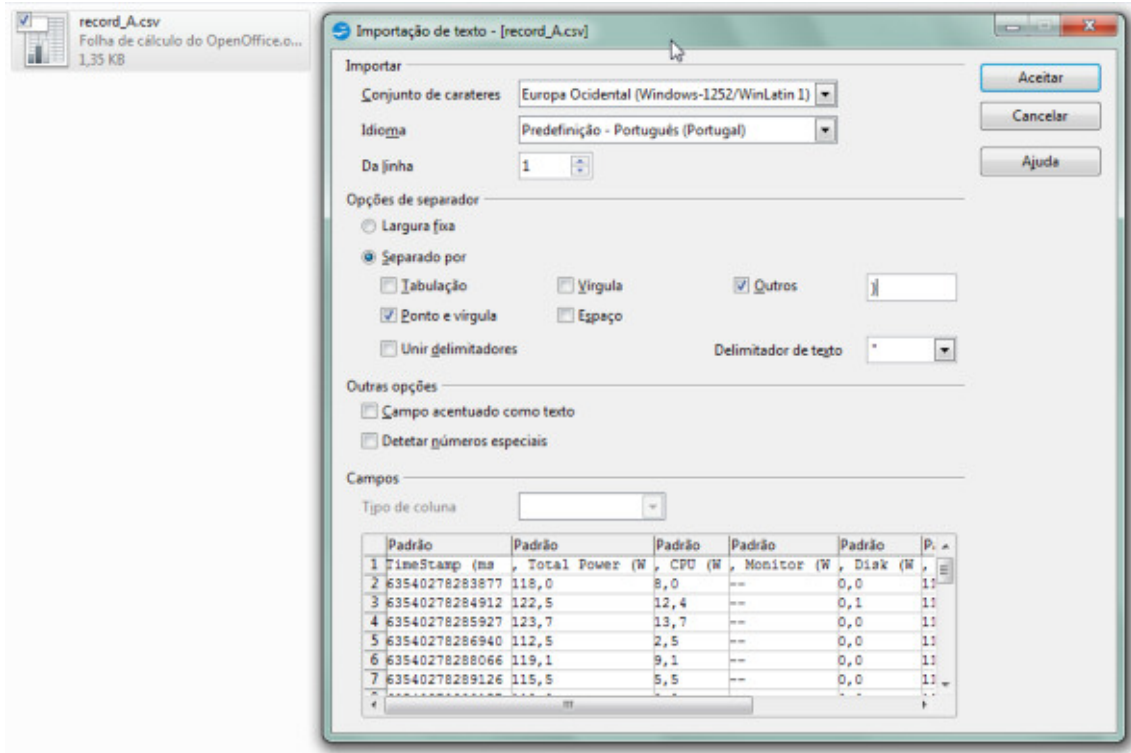


Figura 55 – Abertura dos dados provenientes do Joulemeter no programa Open Calc (Fonte própria)

record_A.csv - OpenOffice Calc

E Ficheiro E Editar Ver Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

Arial 10 N / S

A1 TimeStamp (ms)

	A	B	C	D	E	F	G
1	TimeStamp (ms)	Total Power (W)	CPU (W)	Monitor (W)	Disk (W)	Base (W)	Application (W)
2	63540278283877	118	8	--	0	110	0,7
3	63540278284912	122,5	12,4	--	0,1	110	1,1
4	63540278285927	123,7	13,7	--	0	110	0
5	63540278286940	112,5	2,5	--	0	110	0,4
6	63540278288066	119,1	9,1	--	0	110	1
7	63540278289126	115,5	5,5	--	0	110	1,7
8	63540278290157	118,8	8,8	--	0	110	1,4
9	63540278291168	114,8	4,8	--	0	110	2,2
10	63540278292180	120,1	10,1	--	0	110	1,8
11	63540278293194	115,8	5,8	--	0	110	1,8
12	63540278294355	114,7	4,7	--	0	110	1,6
13	63540278295364	121,3	11,3	--	0	110	2,6
14	63540278296381	113,6	3,6	--	0	110	2,2
15	63540278297391	115,9	5,9	--	0	110	0
16	63540278298401	111,5	1,5	--	0	110	1,8
17	63540278299421	118,6	8,5	--	0	110	2,2
18	63540278300541	120,3	10,3	--	0	110	3
19	63540278301561	112,5	2,5	--	0	110	0,4
20	63540278302581	118,1	8,1	--	0	110	1,5

Figura 56 – Folha de cálculo com os valores apurados pelo Joulemeter (Fonte própria)

Neste preciso momento, todos os valores estão em Watts, exceto os valores no campo “TimeStamp” (ver figura nº56). Assim, este deverá ser convertido para formato Ano/mês/dia hora/minutos/segundos (“AAAA-MM-DD HH24:MM:SS”), tarefa que não é fácil já que até hoje (2014) permanece a “dúvida da sua conversão para data-hora corrente” aberta em 2012 no site oficial do programa por um técnico, e nunca respondida oficialmente³³.

Assim, este trabalho apresenta duas soluções possíveis para o problema da ferramenta de trabalho Joulemeter, sabendo que ambas têm vantagens e desvantagens próprias

A primeira solução requer que o tester tenha total controlo da medição no momento inicial e que registe esse momento com total exatidão. Esta situação pode ser complicada pois o t_0 em que se considera o premir do botão de “start saving” por não ser exatamente o segundo em que o programa começa a gravar. Ainda assim, definido o momento inicial (t_0) deve-se então igualá-lo ao *timestamp*, e partir a daí, por diferenças entre *timestamps* acrescentar os segundos decorrentes, e assim obter a data-hora real da medição.

Exemplo $t_0 = \text{Timestamp } 63540975925954 = 2014-07-14 \text{ 23:05:25}$

$t_n = \text{Timestamp } 63540975935454$

$$t_n = \left(\frac{63540975935454 - 63540975925954}{24 * 60 * 60 * 1000} \right) = 10\text{s}$$

$$t_n = (00 : 00 : 10 + 2014 - 07 - 14 \text{ 23 : 05 : 25}) = 2014 - 07 - 14 \text{ 23 : 05 : 35}$$

A segunda alternativa decorreu da pesquisa dos pressupostos do cálculo de um *timestamp Unix* nas folhas de cálculo dos diferentes fabricantes (Microsoft®, Oracle®, outros). A fórmula construída por tentativa e erro, em particular no fator ano (365,2411795719) é válida na atualidade (2014) porém pode não o ser no futuro. Tem como grande vantagem a conversão para o valor data-hora real sem necessidade de estar sujeita à imprecisão humana do apuramento exato do momento t_0 .

$$\frac{\text{TimeStamp} - (24 * 60 * 60 * 1000 * 1899 * 365,2411795719)}{(24 * 60 * 60 * 1000)}$$

Em seguida formata-se as células para que seja apresentado ao tester o formato “AAAA-MM-DD HH:MM:SS” (ver figura nº57).

³³ Ver em <http://social.microsoft.com/Forums/en-US/a9e7c560-7669-48a3-a9c0-fd1e1e919c2c/timestamp-in-joulemeter-tool?forum=joulemeter>

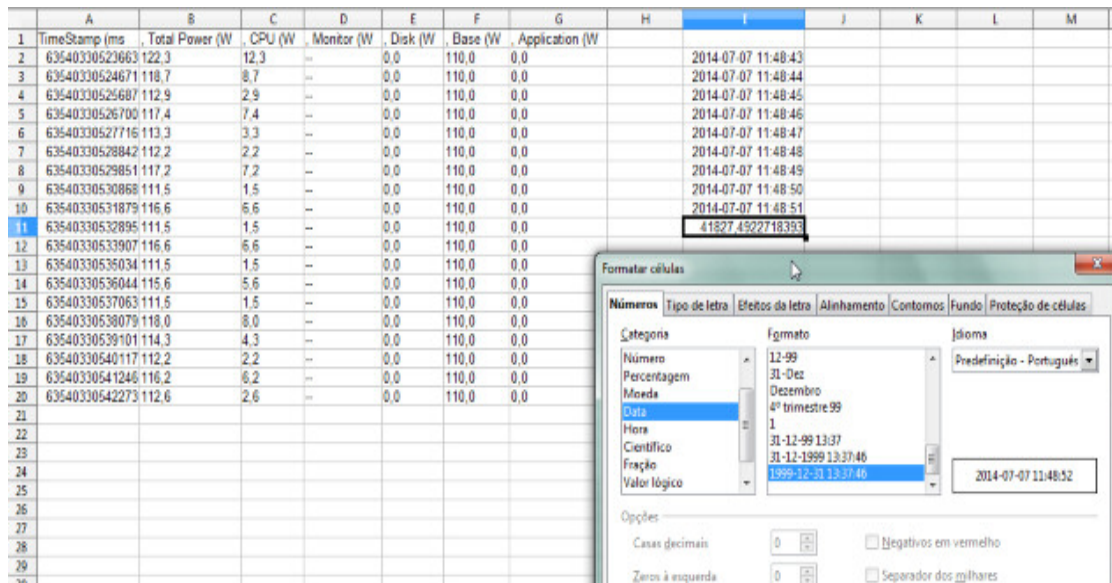


Figura 57 – Formatação da célula com a data-hora do ensaio (Fonte própria)

Análise de Risco das Soluções ao Problema Timestamp Joulemeter

A primeira fórmula apresenta um risco potencial de 100% no desvio da medição, pois basta que o tester registe o início da medição num segundo divergente com o que o sistema teve em consideração, para que todos os dados recolhidos estejam errados não havendo forma de contraprova disponível.

Pela segunda fórmula, não temos o problema do utilizador poder errar ou não, porém verifica-se um desvio efetivo e constante próximo de 33% nos resultados apresentados, nunca ultrapassando o 1 segundo de diferença face à primeira fórmula (considerando que o início da mesma foi certo). Assim, como fica demonstrado na tabela nº7, caberá ao tester escolher o nível de risco a que quer estar sujeito no ensaio a realizar ou no limite tentar efetuar a validação pelas duas fórmulas.

Reforço que ambas as soluções para a descodificação do campo “timestamp” não são as oficiais produto Joulemeter desenvolvido pela Microsoft® Research, pelo que são apenas meios de contornar a ausência de correspondência do *timestamp* a um valor data-hora real.

	A	B	C	F
1	TimeStamp (ms)	Formula A	Fomula B	
2				
3	63540975925954	2014-07-14 23:05:25	2014-07-14 23:05:25	1
4	63540975926968	2014-07-14 23:05:26:526	2014-07-14 23:05:26	2
5	63540975927997	2014-07-14 23:05:27:527	2014-07-14 23:05:27	3
6	63540975929011	2014-07-14 23:05:28:528	2014-07-14 23:05:28	4
7	63540975930119	2014-07-14 23:05:29:529	2014-07-14 23:05:30	5
8	63540975931133	2014-07-14 23:05:30:530	2014-07-14 23:05:31	6
9	63540975932147	2014-07-14 23:05:31:531	2014-07-14 23:05:32	7
10	63540975933255	2014-07-14 23:05:32:532	2014-07-14 23:05:33	8
11	63540975934362	2014-07-14 23:05:33:533	2014-07-14 23:05:34	9
12	63540975935454	2014-07-14 23:05:35:535	2014-07-14 23:05:35	10
13	63540975936468	2014-07-14 23:05:36:536	2014-07-14 23:05:36	11
14	63540975937482	2014-07-14 23:05:37:537	2014-07-14 23:05:37	12
15	63540975938496	2014-07-14 23:05:38:538	2014-07-14 23:05:38	13
16	63540975939510	2014-07-14 23:05:39:539	2014-07-14 23:05:39	14
17	63540975940524	2014-07-14 23:05:40:540	2014-07-14 23:05:40	15
18	63540975941538	2014-07-14 23:05:41:541	2014-07-14 23:05:41	16
19	63540975942552	2014-07-14 23:05:42:542	2014-07-14 23:05:42	17
20	63540975943660	2014-07-14 23:05:43:543	2014-07-14 23:05:43	18
21	63540975944767	2014-07-14 23:05:44:544	2014-07-14 23:05:44	19
22	63540975945875	2014-07-14 23:05:45:545	2014-07-14 23:05:45	20
23	63540975946889	2014-07-14 23:05:46:546	2014-07-14 23:05:46	21
24	63540975947919	2014-07-14 23:05:47:547	2014-07-14 23:05:47	22
25	63540975948933	2014-07-14 23:05:48:548	2014-07-14 23:05:48	23
26	63540975949947	2014-07-14 23:05:49:549	2014-07-14 23:05:49	24
27	63540975951039	2014-07-14 23:05:50:550	2014-07-14 23:05:50	25
28	63540975952115	2014-07-14 23:05:51:551	2014-07-14 23:05:52	26
29	63540975953176	2014-07-14 23:05:52:552	2014-07-14 23:05:53	27
30	63540975954205	2014-07-14 23:05:53:553	2014-07-14 23:05:54	28
31	63540975955313	2014-07-14 23:05:54:554	2014-07-14 23:05:55	29
32	63540975956343	2014-07-14 23:05:55:555	2014-07-14 23:05:56	30

Tabela 7 – Exemplo comparativo das soluções para apuramento do timestamp do Joulemeter por um período de 30 segundos, as células sombreadas verde são os pontos de correspondência igual (Fonte própria)

Apuramento dos Indicadores Manualmente – Execução do Caso de Testes

Em igual procedimento ao do apuramento do CMiEG, a forma manual de obter o consumo energético do *software* é pelo preenchimento de uma tabela com 3 linhas (ver tabela nº8), as quais identificam o número do registo, o tempo em que deve ser recolhido e o valor a recolher (em watt). De igual forma, para facilitar a operação ao tester, os valores recolhidos não têm em conta valores decimais. Devem ser adicionadas tantas tabelas quanto o período em teste, em blocos de 1 minuto/ 60 segundos. A forma do apuramento dos minutos é feita pelo número de registo (exp. registo número 24 = 2 minutos = 120 segundos).

Tipo de Equipamento: Wattímetro <input type="checkbox"/> Pinça Amperimétrica <input type="checkbox"/>												
Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ts	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Watt												

Nº	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ts	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Watt												

Tabela 8 – Exemplo de tabelas para registo manual do consumo energético durante 2 minutos a um *software*

Automatização de um Caso de Teste no Firefox via Selenium IDE

O primeiro passo para utilizar a ferramenta de automatização de testes é instalar o Firefox, que me irei dispensar de exemplificar atendendo a que não é necessário especificar nenhuma configuração em particular. Em seguida, no *site* oficial do Selenium (IDE), ir para o tabulador “Download” e na parte do texto onde está assinalada a última versão escolhê-la. Nesse momento o sistema do Firefox avisa de imediato que existe uma aplicação que quer ser instalada pelo que questiona se o tester pretende prosseguir, ao que se deve responder afirmativamente pressionando no botão “Permitir” (ver figura nº58). Serão mostradas todas as extensões que irão ser instaladas no Firefox ao tester pelo que este as deve aceitar, e em seguida aceitar também reiniciar o *browser* (ver figura nº59).

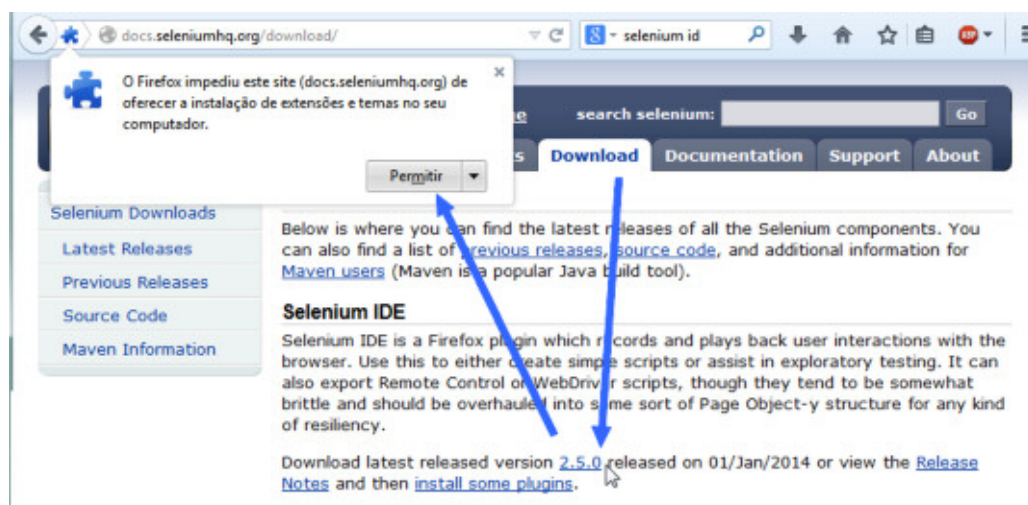


Figura 58 – *Download* da extensão Selenium IDE para uso no *browser* Firefox (Fonte própria)

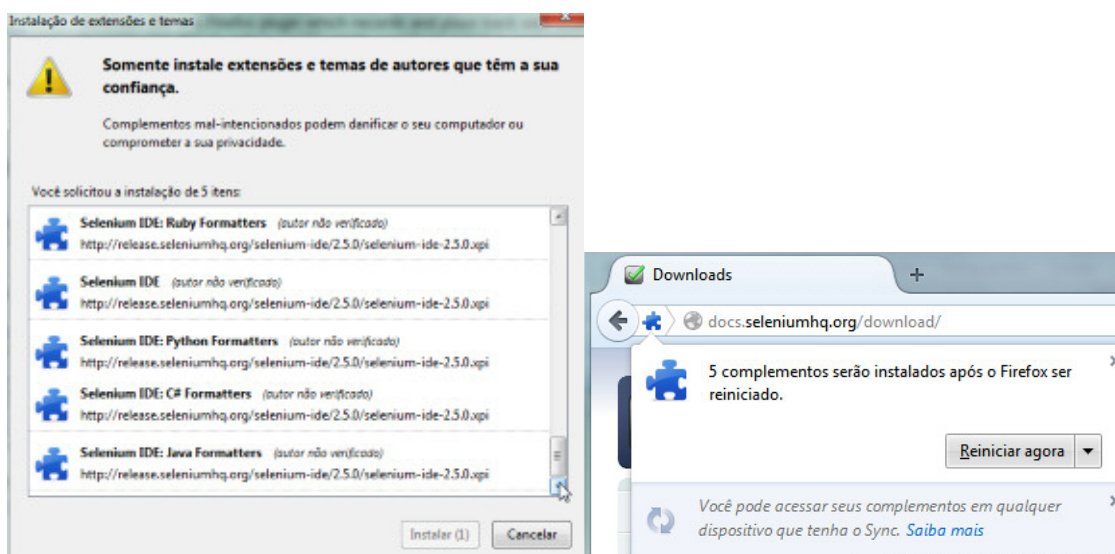


Figura 59 – Listagem das extensões a instalar e reinício do *browser* Firefox após instalação (Fonte própria)

Após a instalação o programa fica disponível na opção de menu “Ferramentas” do *browser* Firefox como demonstra a figura nº60.

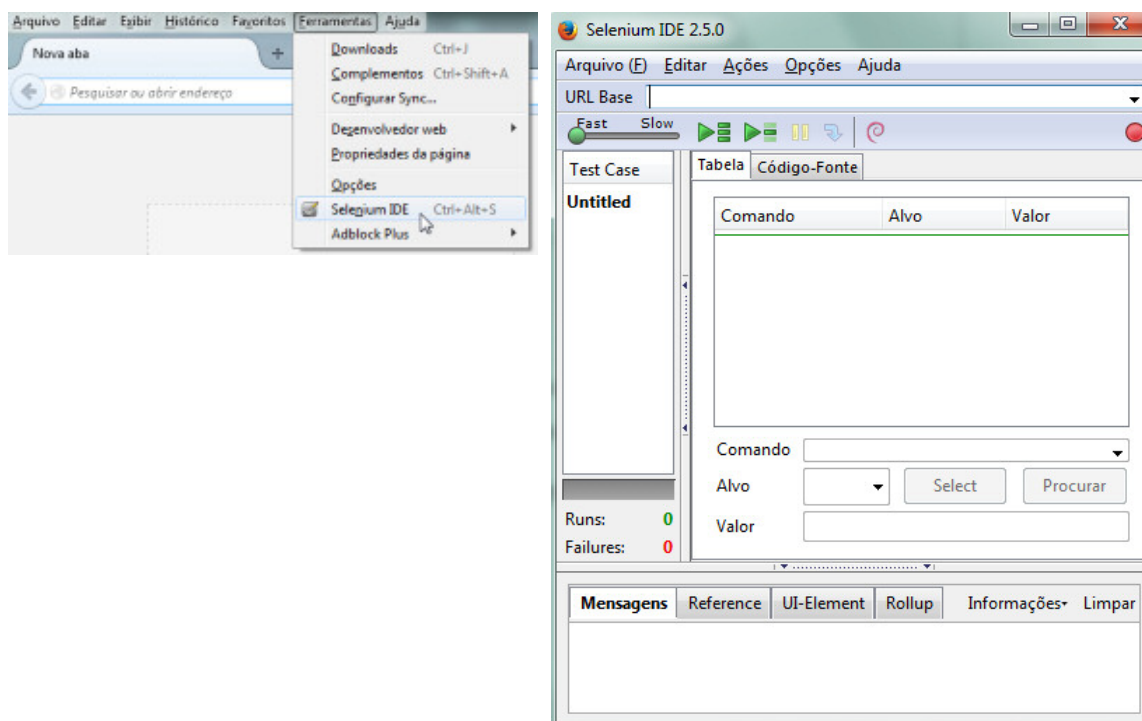


Figura 60 – Acesso ao programa de apoio Selenium IDE via Firefox (Fonte própria)

Para gravar um script de automatização basta introduzir o endereço de ponto de partida do teste no campo “URL Base” e em seguida, partindo desse endereço pressionar no botão Record (●) e verificar que no tabulador “Tabela” estão a ser gravadas ações ou comandos e a ser especificados os “alvos” sobre os quais decorrem essas ações.

Por fim para executar o teste já gravado basta pressionar no botão “Play entire test suite” (ver figura nº61 e 62).

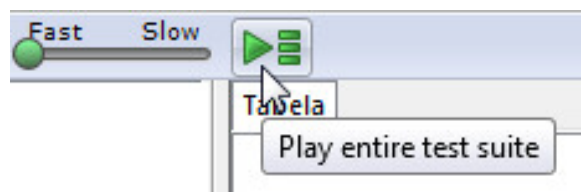


Figura 61 – Destaque para o botão de “Play entire test suite” na ferramenta Selenium IDE (Fonte própria)

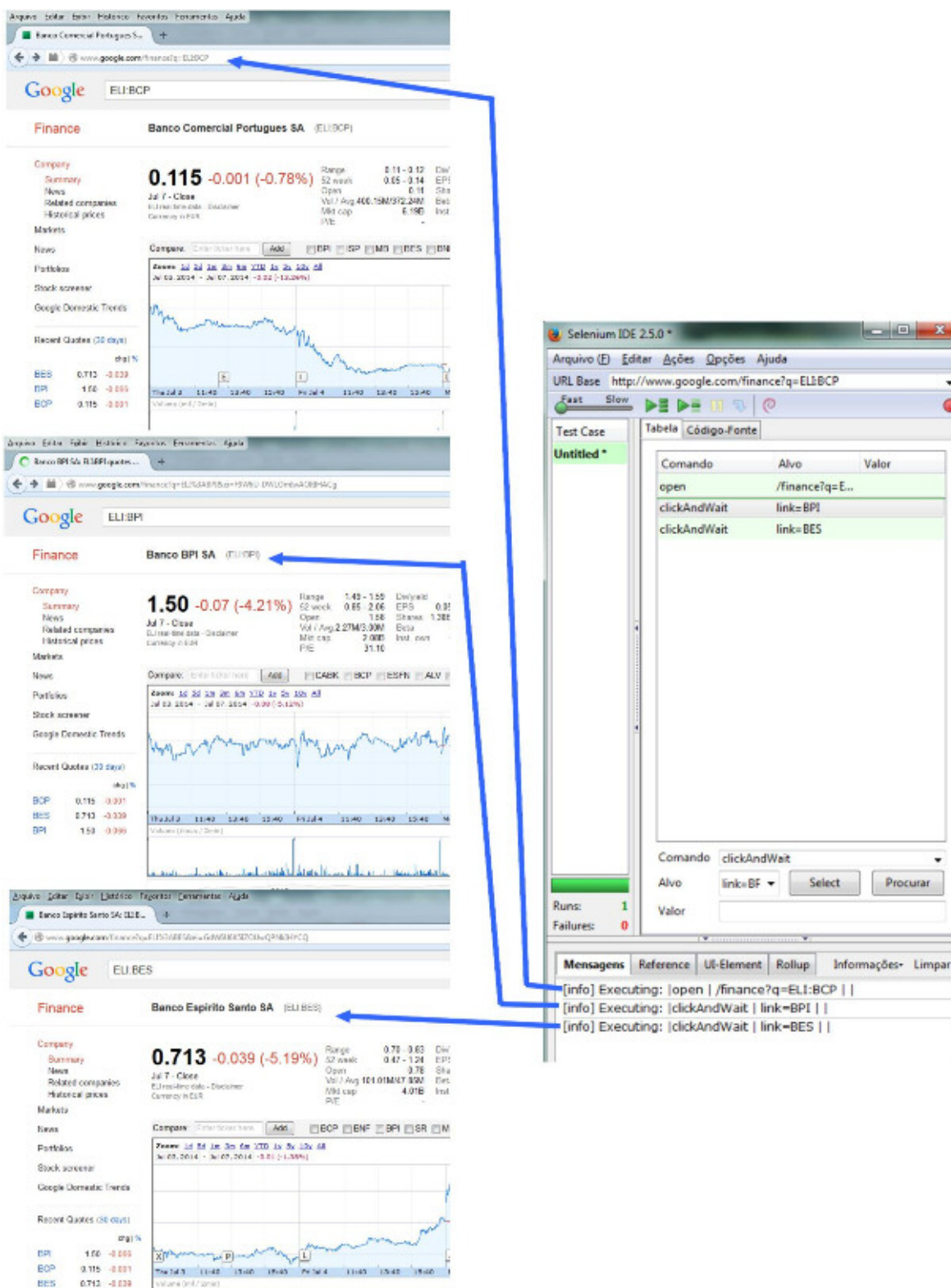


Figura 62 – Exemplo de uma automatização usando Selenium IDE, em que o *browser* navega por duas páginas Web após estar em contexto numa página web “base” (Fonte própria)

Por fim, o script da automatização associado ao caso de teste executado deve ficar guardado, pelo que o código fonte deve ser retirado da aplicação e evidenciado no caso de teste, como abaixo se exemplifica no excerto nº5.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xml:lang="en" lang="en">
<head profile="http://selenium-ide.openqa.org/profiles/test-case">
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8" />
<link rel="selenium.base" href="http://www.google.com/finance?q=ELI:BCP" />
<title>New Test</title>
</head>
<body>
<table cellpadding="1" cellspacing="1" border="1">
<thead>
<tr><td rowspan="1" colspan="3">New Test</td></tr>
</thead><tbody>
<tr>
<td>open</td>
<td>/finance?q=ELI:BCP</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>clickAndWait</td>
<td>link=BPI</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>clickAndWait</td>
<td>link=BES</td>
<td></td>
</tr>
</tbody></table>
</body>
</html>
```

Excerto 5 – Código fonte da automatização preconizado no exemplo na figura 54 (Fonte Própria)

Procedimento de Teste (Global) e Proposta de Plano de teste

O processo/modelo de Teste ao Consumo Energético de *Software* (TCES) está orientado para ser executado apenas por uma pessoa pelo que é necessário otimizar o serviço de teste reduzindo ao mínimo essencial a obtenção de prova manual do ensaio.

Antes do teste ser executado o fluxo de negócio presente em cada caso teste deve estar automatizado para que o tester consiga registar as medições de energia ao vivo (em direto). No caso de teste ficará registada cópia da automatização utilizada (se aplicável).

No início do ensaio serão registados os indicadores base já anteriormente mencionados.

O ensaio tem um limite temporal máximo, definido em 2 horas consecutivas para que o tester não sofra cansaço e com isso contamine os resultados medidos, constituindo-se assim uma má obtenção de prova. Só serão apurados os resultados considerados válidos, ou seja, nos quais não houve contaminação por fatores internos ou externos nos resultados dos testes. Todos os outros serão descartados. A responsabilidade de quais são os ensaios válidos é do tester.

Atendendo a que o consumo energético do *software* é um teste não funcional, e que o grau de amplitude do consumo pode ser elevado, cada caso teste deve ser executado as vezes que se considerem importantes (a definir pelo tester), mas que resultem em:

- a) Dois registos em cada ambiente de teste (SUT) para uma medição manual,
- b) Um registo em cada ambiente de teste (SUT) para uma medição automatizada (com recurso aos *softwares* de apoio).

Todas as medições do ensaio iniciam-se após 2 minutos de “descanso”, para que o sistema se aproxime o mais possível do CMiEG já anteriormente apurado.

As medições temporais manuais serão realizadas a cada 5 segundos, ou seja, num minuto o operador realiza 12 registos. Este valor foi definido após alguns ensaios preparatórios a esta dissertação, em que se verificou ser um intervalo mínimo para evitar registos de medição errados ao mesmo tempo que se procura capturar, temporalmente, o máximo dos picos de processamento (e portanto de consumo).

Durante o teste devem ser seguidas cuidadosamente todas as instruções do caso teste.

O apuramento dos resultados será efetuado em folha de cálculo (programa Open Calc).

Por forma a atingir estes objetivos foi concretizado um protótipo de plano de teste (ver anexos). Neste protótipo existe uma *checklist* de todo o procedimento a ser efetuado. O plano de testes possibilita a avaliação do consumo energético por parte de todos os tipos de medição disponíveis (se for num SO Windows® 7).

Por último, refere-se que o plano de testes está dividido entre informação técnica (bloco A) e casos de teste (bloco B).

CAPÍTULO VI – VIABILIDADE ECÓNOMICA DA REALIZAÇÃO DE TESTES AO CONSUMO ENERGÉTICO DE SOFTWARE

Já foi referido por diversas oportunidades que o objetivo da presente dissertação é a massificação do teste ao consumo energético do *software* (TCES). Se o facto do procedimento de teste acima apresentado ser considerado no desenvolvimento do *software* em pro-bono de um desenvolvimento mais sustentável é uma vitória, se estes decisores e/ou responsáveis tiverem na sua posse uma fórmula de calcular o *break-even-point* deste investimento “adicional”, então acredito que não pode haver desculpas plausíveis para não tornar sistemático a realização deste novo tipo de testes.

Desenvolvimento do Ponto de Viabilidade Económica

Fórmula de base

custo do teste vs. custo da energia

Existem três pontos essenciais sob os quais é necessário uma reflexão: **a)** o custo de efetuar este tipo de testes durante 1 hora, **b)** a potencial perda financeira pelo sistema de *software*/funcionalidade não ser otimizado numa hora, e **c)** a quantidade previsionial de utilizações (seja por via da distribuição entre muitos utilizadores, seja por via da utilização durante muitas horas por pouco utilizadores ou até processos automatizados).

Assim, e considerando:

h – Número de horas de testes (hr)

x – Custo monetário da execução de testes, por hora (€/hr)

y – Ganho monetário por execução de caso de teste (€/util)

z – Número de utilizações estimado (util)

Se $(h * x) \leq (y * z)$, então é viável do ponto de vista económico.

Detalhando o elemento y

$$y = (\Delta E_{(kWh)} * VAPD_{\text{€/kWh}})$$

Por sua vez,

$$\Delta E_{(kWh)} = \frac{(e1_{(Ws)} - e2_{(Ws)})}{3600 * 1000}$$

Onde,

e1 e e2 representam a energia total em Watts-segundo de cada caso de teste. As diferenças entre e1 e e2³⁴, podem ter como causas:

- 1) O *software* deixa de funcionar (*crash*);
- 2) Existe diferentes formas para executar a mesma funcionalidade;
- 3) Existe diferenças no comportamento da aplicação face o SO ou o *Hardware*

€/kWh – Valor de Aquisição a um Produtor de Eletricidade (VAPD) de um kilowatt.hora, não tendo em consideração valores com taxas, IVA, etc.

Fórmula com majoração ambiental

custo do teste vs. custo da energia vs. poupança créditos carbono

Podemos, aos elementos da fórmula base, juntar um quarto elemento: as poupanças energéticas decorrentes do *software* ao ser testado, face a um que não tenha sido, permite que não seja necessário gastar a mesma quantia de recursos financeiros (inicialmente previstos) para aquisição de licenças de Créditos de Carbono (CO₂). Este elemento só deve

³⁴ O valor do e – Energia – é calculado multiplicando a potencia (W) pelo tempo (s).

ser considerando-se, por exemplo, a empresa produtora de *software* compra licenças de Créditos de Carbono.

Assim, e considerando:

h – Número de horas de testes (hr)

x – custo da execução de testes, por hora (€/hr)

y_2 – Consumo energético da aplicação acima do normal (€/util)

z – Número de utilizações estimado (util)

c – Poupanças pela não aquisição de licenças de carbono (€/hr)

Se $(h * x) \leq (y_2 * z)$, então é viável do ponto de vista económico.

Detalhando o elemento c

$$c = \text{VAPD}_{(\text{€/kWh})} + \text{VRPE}_{(\text{tCO}_2\text{kWh})} * \text{ACC}_{(\text{€/tCO}_2)}$$

$$y_2 = \Delta E_{(\text{kWh})} * c$$

em que

tCO_2kWh é o valor referência do produtor de eletricidade (VRPE) das toneladas libertadas de CO_2 por cada kWh produzido

€/tCO_2 é o valor referência para aquisição de créditos de carbono (ACC)

Exemplos práticos

Para melhor perceber as fórmulas criadas e o seu alcance sugere-se a análise do seguinte exemplo prático que, apesar de conter alguns elementos figurativos, detalha o apuramento valor a valor.

Programa/funcionalidade em teste

Calculadora virtual para ser utilizada nas entregas trimestrais do IVA a ocorrer em Fevereiro, Maio, Agosto e Novembro³⁵, por parte da ordem dos Técnicos de Oficiais de Contabilidade Portugueses, e que conta atualmente com 72.172 inscritos³⁶. Sabe-se que estão ativos apenas 75% dos técnicos (54129) e que cada um irá ,em cada um dos meses, processar 5 empresas.

Resultados

Antes do TCES, para uma dada operação matemática, a calculadora utilizava de forma constante 17 watt no processamento de dados, durante 2 minutos (120s). Depois de 1 hora de testes, e apresentados os resultados, o desenvolvimento refez parte do código e para a mesma operação matemática a aplicação passou a consumir 15 watt de forma constante e durante 1:28 minutos (88s).

Dados

- $z = (54129_{\text{utilizadores}} * 4_{\text{entregas}} * 5_{\text{empresas}}) = 1.082.580 \text{ util.}$
- $x = 25 \text{ €/hr}^{37}$
- $h = 1 \text{ hr}$
- $\Delta E_{(\text{kWh})} = (17 \text{ W} * 120 \text{ s} - 15 \text{ W} * 88 \text{ s}) / (3600\text{s} * 1000 \text{ W}) = (2040 - 1320) / 3\,600\,000 = 0,00020 \text{ kWh}$
- $VAPD_{\text{€/kWh}} = 0,1317 \text{ €/kWh}^{38}$
- $VRPE_{(\text{tCO}_2\text{kWh})} = 0,00007166 \text{ tCO}_2\text{kWh}^{39}$

³⁵ Fonte: <http://www.economias.pt/calendario-fiscal/>

³⁶ Fonte: <http://www.otoc.pt/pt/membros/>

³⁷ Custo mínimo da prestação de serviço de um tester por uma hora (ver subcapítulo “a indústria”).

³⁸ Fonte: http://www.erse.pt/pt/Simuladores/Documents/Pre%C3%A7osRef_BTN.pdf, onde foi retirado o valor “0,1317 €/kWh”, do tarifário “CASA” para a potencia contracta entre 1,15 e 2,3 kVA (Quilovoltampere), da empresa EDP COMERCIAL.

³⁹ Fonte: <http://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx>, onde foi retirado o valor “71,66” CO₂ (g/kWh)” referente ao mês de Abril de 2014, por parte da empresa EDP. É necessário converter gCO₂kWh para tCO₂kWh pelo que é necessário dividir por 1 000 000.

- $ACC_{(\text{€/tCO}_2)} = 5,60 \text{ €/tCO}_2$ ⁴⁰
- $y = 0,0002_{\text{kWh}} \times 0,1317_{\text{€/kWh}} = 0,00002634 \text{ €/kWh}$
- $y_2 = 0,0002_{\text{kWh}} \times (0,1317_{\text{€/kWh}} + 0,00007166_{\text{tCO}_2\text{kWh}} \times 5,60_{\text{€/tCO}_2}) = 0,00002642 \text{ €/kWh}$

Então

Fórmula base: $(h * x) \leq (y * z)$

$$25 \text{ €} \leq 28,52 \text{ €}$$

Sim, é viável a contratação de 1 hora de testes.

Fórmula com majoração ambiental: $(h * x) \leq (y_2 * z)$

$$25 \text{ €} \leq 28,60 \text{ €}$$

Sim, é viável a contratação de 1 hora de testes.

Pergunta: Quantos Watts de consumo desperdiçado por apenas **um utilizador** são necessários para pagarem uma hora de testes?

Resposta: **683 371 299 Watts-segundo.**

Fórmula base económica

$$h * x = (y * z) \Leftrightarrow h * x \leq \Delta E_{(\text{kWh})} * VAPD_{\text{€/kWh}} * z \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow h * x = \Delta P / 3600000 * VAPD_{\text{€/kWh}} * z \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow (h * x * 3\,600\,000) / (VAPD_{\text{€/kWh}} * z) = \Delta P$$

Ou seja,

$$(1 * 25 * 3\,600\,000) / (0,1317 * 1) = \Delta P \Leftrightarrow (90\,000\,000 / 0,1317) = \Delta P$$

$$\Leftrightarrow \Delta P = 683\,371\,299 \text{ Ws}$$

⁴⁰ Fonte: <http://www.eex.com/en/market-data/emission-allowances/auction-market/european-emission-allowances-auction#!/2014/07/08>, onde foi retirado o valor “5,60 €/tCO₂” European Emission Allowances (dia 8/07/2014)

Pergunta: Numa funcionalidade em que se preveja haver um melhoramento energético de 300 Ws após 1 hora de testes, quantas utilizações num conjunto total de 25.000 **utilizadores** são necessárias para a pagarem o serviço?

Resposta: **92 utilizações por cada utilizador.**

Fórmula base económica

$$h * x = (y * z) \Leftrightarrow h * x \leq \Delta E_{(kW_h)} * VAPD_{\text{€/kWh}} * z \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow h * x = \Delta P / 3600000 * VAPD_{\text{€/kWh}} * z \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow z = (h * x * 3\,600\,000) / (\Delta P * VAPD_{\text{€/kWh}})$$

Ou seja,

$$25.000 * z = (1 * 25 * 3\,600\,000) / (0,1317 * 300) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow z = 2277904 / 25000 \Leftrightarrow \mathbf{z = 92 utilizações}$$

Visualmente o gráfico nº10 procura relacionar as três variáveis.

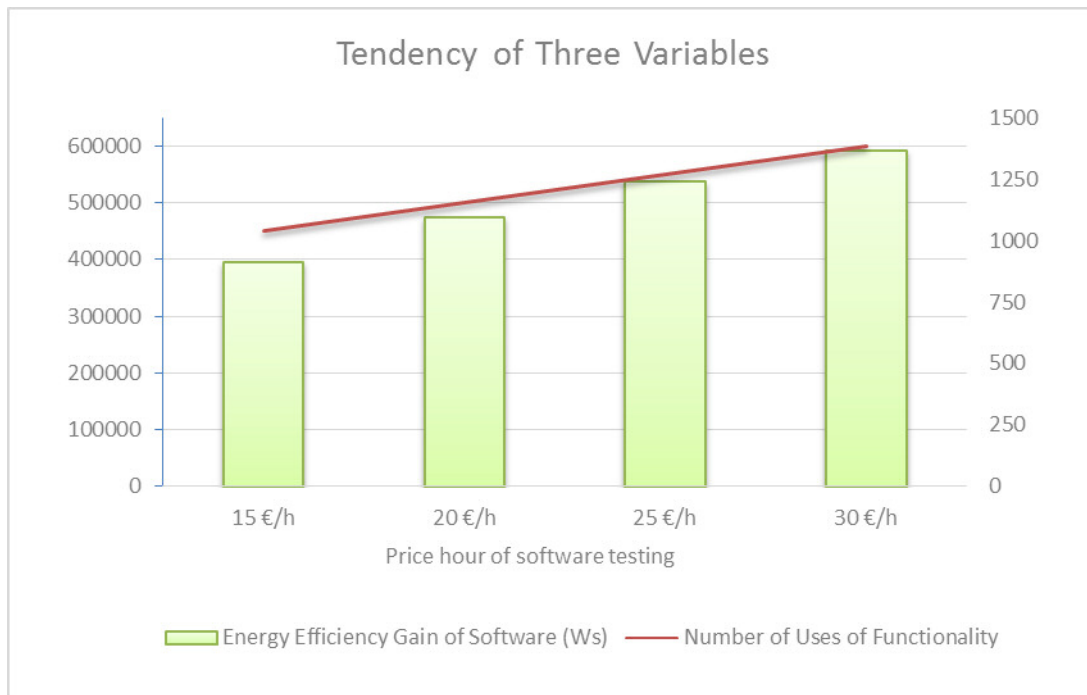


Gráfico 10 – Análise da correlação entre três variáveis: Preço Hora de Testes de Software / Ganhos de Eficiência Energética por Funcionalidade / Número de Utilizações Necessário para Rentabilização (Fonte Própria)

A Indústria

Foi efetuado um breve questionário às empresas que se julga serem as detentoras da uma grande maioria do mercado do *Software Testing*, em regime de consultadoria em Portugal (ver excerto nº6). A questão, no seu conteúdo, era simples: “qual o custo do tester/hora”. Porém, apenas a Consultora Especializada em Testes de *Software* – WinTrust – aceitou responder com a menção de valores. Houve empresas que responderam com a indicação de não poderem divulgar o montante praticado, alegando confidencialidade dos valores praticados.

<p>Mensagem de correio eletrónico enviado a: 6 de Junho de 2014</p>
<p>Destinatários: WinTrust, Novabase, Indra, Noesis, Critical Software, Altran, Primesoft e Reditus.</p>
<p>Conteúdo</p> <p><i>Boa tarde, Exmos Senhores,</i></p> <p><i>O meu nome é Paulo José Estrela Vitoriano de Matos, e estou a redigir uma dissertação de mestrado, subordinada ao tema "O contributo dos testes de software para a sua conceção mais eficiente do ponto de vista energético."</i></p> <p><i>No âmbito do debate da dissertação um dos fatores ponderados é o custo de um tester/hora.</i></p> <p><i>Dito isto, questiono-vos se é possível indicarem qual o custo de um tester/hora, atendendo um "consultor normal" (2 a 4 anos de experiência), com todos os custos envolvidos.</i></p> <p><i>Atendendo ao âmbito académico do inquérito, caso assim pretendam, garanto-vos pessoalmente a confidencialidade da resposta.</i></p> <p><i>Obrigado.</i></p> <p><i>Tlm. 96 799 04 09</i></p> <p><i>Os melhores cumprimentos</i></p> <p><i>Paulo José Estrela Vitoriano de Matos</i></p>

Excerto 6 – Cópia de mensagem de correio eletrónico enviada a empresas portuguesas de consultoria que prestam serviço de testes de *software*.

De acordo com informação recolhida não há um valor de referência no mercado, pois depende do projeto, da dimensão e da capacidade negocial do cliente e mesmo do próprio perfil do tester, pelo que os valores podem situar-se entre 25 € a 50 € por hora.

Um Caso Real da Importância do Consumo Energético

Na indústria, à data de hoje, encontrar um caso real em que o consumo energético do *software/hardware* seja já tomado em linha de conta, não de forma complementar mas de forma basilar, não é simples. Tal situação aparenta ser natural e decorrente da evolução dos povos, nomeadamente na sociedade ocidentalizada de que Portugal faz parte e onde o acesso à distribuição de energia é fácil, abundante e a um preço relativamente económico.

Porém, há nichos de atividade onde a preocupação do “consumo energético do *software/hardware*” existe, como é o caso da gestão de Infraestruturas/Sistema Inteligentes de Transportes. Neste nicho da indústria, não raras as vezes que são instalados equipamentos de apoio à gestão das estradas em localizações remotas, portanto com acesso condicionado ou inexistente à rede de distribuição elétrica convencional ou que economicamente não compensam o pedido de extensão da cobertura da rede elétrica, e que assim têm de operar o máximo de tempo possível obtendo energia por vias renováveis (exemplo eólica e solar) fazendo o armazenamento do excesso capturado no local (exemplo baterias) para os períodos em que não é possível efetuar a sua captação em pleno.

Desta forma, foi realizada uma entrevista semiestruturada, que abaixo se transcreve na totalidade, ao departamento de ITS (*Intelligent Transportation Systems*) do grupo português Mota-Engil®, mais concretamente ao Núcleo de Inovação e Desenvolvimento. Da entrevista percebe-se que existe uma experiência acumulada sobre as preocupações

energéticas não só por via do seu impacte financeiro nos custos da operação, mas também por via das soluções implementadas (também) o serem em países em desenvolvimento (Brasil) e em vias de desenvolvimento (Angola) onde, e ao contrário de Portugal, o fornecimento energético não é um facto garantido ou constante ao longo do tempo. É também relevante que seja a própria indústria a confirmar que um *software/hardware* mal dimensionado ou com falhas de *software* fomenta, de forma inequívoca, o aumento dos custos operacionais.

Entrevista Semiestruturada ao Núcleo de Inovação e Desenvolvimento da Mota-Engil ITS (*Intelligent Transportation Systems*) realizada dia 19 de Agosto de 2014.



Núcleo de Inovação e Desenvolvimento

- Responsável pelo Núcleo de Inovação e Desenvolvimento (I&D)
 - André Fonseca
- Engenheiro de Inovação de Desenvolvimento
 - Luís Soares Rêgo

O núcleo de Inovação e Desenvolvimento da Mota-Engil ITS que importância dá ao facto de um determinado *software* ser eficiente energeticamente? Isso é importante para a operação no dia-a-dia? Confirmando-se a importância para a operação, é vos possível atribuir alguma ordem de grandeza dos custos associados, por exemplo os financeiros?

No caso do mercado de negócio de Sistemas Inteligentes de Transporte, os equipamentos instalados são colocados em localizações remotas onde nem sempre é possível, de uma forma sustentável, colocar alimentação nos equipamentos a nível de rede elétrica, isto implica que neste tipo de equipamentos sempre que possível, seja essencial a utilização de energias renováveis,

maioritariamente energia fotovoltaica, mas também, por vezes, são utilizadas soluções combinadas (fotovoltaico mais eólico) que permitem utilizar de forma eficiente a fonte de energia que num determinado momento está em melhores condições de produção de energia.

Para além da localização dos equipamentos implicar a preferência por sistemas de energia renováveis para sua alimentação existem países onde operamos, como por exemplo, Angola, onde a falha da energia da rede elétrica é uma constante e os equipamentos tem de suportar a alimentação por energias alternativas quando estas situações acontecem.

Do ponto de vista financeiro, se existir rede elétrica disponível poderá não ser considerada vantajosa a utilização de energias renováveis, pela instalação associada dos painéis solares e estruturas de fixação. No entanto, nos casos em que é necessário fazer uma baixada da rede elétrica para alimentação de um equipamento o custo, do ponto de vista financeiro, poderá ser até 100% superior no momento de instalação.

Ainda poderemos, claramente, afirmar que os custos de operação de um sistema alimentado por energias renováveis é, aproximadamente, nulo comparando aos gastos de eletricidade da rede.

Finalmente, e em relação a esta pergunta podemos dizer que a Mota-Engil e em especial a ITS, se preocupa com o ambiente e com a utilização de soluções sustentáveis que permitam que os sistemas de telemática se encontrem sempre operacionais devido à sua importância para os utilizadores das estradas, sendo que, sempre que possível, preferimos não estar dependentes da rede elétrica.

No estudo que estou a desenvolver, nalguns casos existe uma diferença mínima na ordem de 1 a 2 Watts, entre o software A e B para fazer a mesma funcionalidade. Nos softwares com que lidam, por exemplo firmwares, têm algumas situações idênticas e que vos permitam aferir que mesmo um diferencial reduzido entre o software A e B ou entre diferentes versões de um software, o mesmo pode ter um impacte grande no consumo global e prolongado no tempo? Existe algum caso concreto que fundamente tal importância, e estou por exemplo a pensar no consumo energético num Posto SOS e o que é que isso pode representar para a bateria associada (durar mais ou menos tempo)?

Claro que sim, uma diferença por vezes até inferior a 1W pode implicar que todo o projeto de dimensionamento de um painel solar para uma solução global seja posto em causa e que faça com

que um equipamento não esteja a funcionar ao fim do tempo idealmente previsto durante o dimensionamento.

Por exemplo, no caso dos postos SOS instalados no Brasil, consoante o dimensionamento efetuado, os painéis solares utilizados foram de 22Wp (Watt-pico). Após a instalação de todos os equipamentos verificou-se que o consumo dos equipamentos variava inicialmente entre 0.50W até 0.80W, o consumo global dos equipamentos era de 3W, isto implica uma variação de 25% que teve de ser corrigida através de alteração de firmware. Um exemplo concreto de consumo em excesso era a leitura consecutiva das entradas e saídas digitais que estava configurada no firmware para 0.1milisegundos.

Outro exemplo de uma configuração que teve de ser alterada para diminuição do consumo foi a capacidade de processamento do processador que teve de ser diminuída dos 400MHZ para os 200MHZ.

Estas alterações não só permitiram baixar o consumo como também serviram para tornar o firmware mais eficiente em termos de solução global.

As variações iniciais encontradas em termos de consumo implicaram que os equipamentos de emergência ficassem indisponíveis mais depressa, porque o dimensionamento que tinha sido feito para 3 dias sem alimentação solar, deixava de ser suficiente e depois sendo quase impossível que o painel conseguisse realizar novamente o carregamento das baterias quando as condições meteorológicas eram inconstantes, por exemplo, 1 dia de chuva, 1 dia de sol, 1 dia de chuva, algo que é muito constante acontecer nas zonas do Brasil onde operamos.

Como é imaginável e tratando-se de sistemas de emergência em que devem estar sempre pelo menos 90% dos equipamentos disponíveis, estas situações implicaram gastos elevados na deslocação de técnicos aos locais para substituição de baterias enquanto o firmware não foi estabilizado numa versão em que o consumo se encontrava estável e nos limites do projetado.

Acreditando eu, que há uma procura constante atendendo à eficiência energética do *software*, e que por essa via faz diminuir o custo de investimento no *hardware* (exemplo placas fotovoltaicas maiores ou menores para alimentação do *software* nos Postos SOS), pode mencionar que alterações ao *software* ou ao *hardware* fazem, para que no seu conjunto o sistema consuma menos energia?

- *Diminuição do tempo de leitura das entradas e saídas digitais da placa que passa a informação dos equipamentos.*
- *Adormecer partes da placa que não estão a ser utilizadas, e que só são ligadas quando algum alarme ou o botão de chamada é pressionado.*
- *Diminuição da velocidade de processamento do processador dos 400MHz para os 200MHz.*
- *Alteração de configurações dos sistemas de fibra ótica para os tornar mais eficientes energeticamente.*
- *Alteração da forma como nos ligamos aos equipamentos para diminuir as tentativas de conexão para verificação se o equipamento se encontra operacional.*
- *Diminuição dos envios de telemetria.*

Estes foram alguns dos pontos mais importantes que foram alterados para que conseguíssemos diminuir os consumos dos equipamentos ao nível do firmware.

Ainda no âmbito do consumo energético do *software*, tem a perceção se as existências de falhas ou incoerências no *software* podem provocar um consumo extra e com isso constituir um prejuízo à operação, não só financeira mas operacional (uma equipa de manutenção ter mais saídas que o normal e/ou preventivo)?

Sim, como referi no ponto 2, a existência de diferenças na ordem dos 20% e por vezes inferior nos equipamentos instalados implicou diversas vezes a deslocação de equipas de manutenção para troca de baterias o que era um prejuízo que poderia ser tão maior quanto maior fosse o número de equipamentos offline e ainda quanto maior a distância a que se encontravam. Estamos a falar de autoestradas e equipamentos instalados de 2 em 2km mas que por vezes implicavam que os técnicos se tivessem de deslocar do km 0 até ao km 50 apenas para substituição de baterias no início e no fim da instalação. Isto implica consumos de combustível para além de tempo e de por vezes ter de se realizar reagendamentos de trabalhos de manutenção que já se encontravam agendados para um determinado dia.

Existe algum ponto de vista ou opinião, dentro do âmbito do consumo energético do software, que ache oportuno partilhar?

Apenas podemos reafirmar o que foi dito até agora acrescentando que da nossa experiência e conhecimento dos mercados, é uma preocupação da equipa de desenvolvimento e de inovação desenvolver soluções com baixos consumos energéticos para poder realizar a sua alimentação através de energias renováveis que não impliquem uma instalação adicional muito grande (estrutura painel solar mais poste). É ainda nossa preocupação e faz parte, por exemplo, dos testes de qualidade dos fornecedores de placas eletrónicas, a medição dos consumos dos equipamentos em operação e em stand-by, sendo que acima de 10% do valor de referência as placas não são aceites.

Em nota final, pensamos que o futuro se encontra em energias limpas e que para isso a inovação em ITS não pode passar ao lado do que o futuro nos reserva.

Fim.

CAPÍTULO VII – EXECUÇÃO DE PLANOS DE TESTE

Os casos de teste escolhidos para colocar em prática a metodologia proposta foram muito difíceis de selecionar, pois deveriam ser facilmente replicáveis em diferentes SUT, por forma a serem representativo do uso do dia-a-dia dos utilizadores demonstrando assim a utilidade deste trabalho de pesquisa às *software houses*. Tendo isto em mente procurou-se avaliar duas situações normais de navegação na internet e duas outras situações em que o desenvolvimento do *software* fosse dirigido a um objetivo concreto.

Casos de Teste

Caso de Teste nº 1 – Aceder a um Portal de Noticias Generalista

Tarefa em estudo: acesso ao portal de notícias generalista português “SAPO”⁴¹.

Software A – teste orientado ao erro.

Browser Firefox na sua 18.0.1, lançada a 18 Janeiro de 2013⁴². O *browser* tem as *extensions* Adblock Plus 2.5.1 e o Ghostery 2.9.6 instaladas e a ativas.

Software B – teste orientado ao acerto

Browser Firefox na sua 18.0.2, lançada a 5 Fevereiro de 2013. O *browser* não tem *extensions* extra ativas.

Passos do Caso de Teste

1. Ligar o *browser*.
2. Introduzir o *link* “www.sapo.pt” na caixa de endereço e premir a tecla “enter”.

⁴¹ Marca propriedade da Universidade de Aveiro

⁴² Descarregamento no link <https://ftp.mozilla.org/pub/mozilla.org/firefox/releases/18.0.1/>

Resultado esperado

O site “sapo” é carregado corretamente.

Abaixo nas figuras nº63 e 64 as caixas de diálogo com o número da versão do Firefox e extensões em destaque para o primeiro caso.

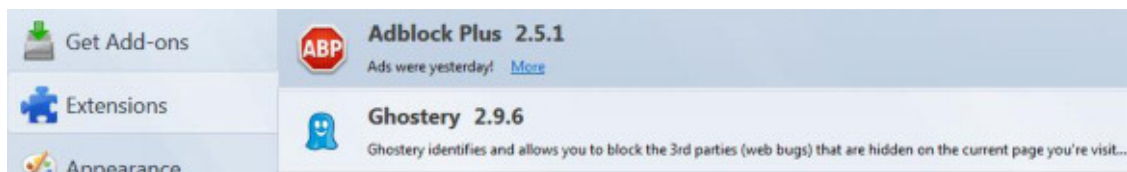


Figura 63 – Firefox 18.01 e Extensions (Fonte Própria)



Figura 64 – Firefox 18.0.2 (Fonte Própria)

Caso de Teste nº 2 – Aceder a um Portal de Vídeos Generalista

Tarefa em estudo: operações de visualização de vídeos no site generalista “Youtube”⁴³, em que se alterna sucessivamente o tipo de vista do vídeo entre o modo normal e o modo cinema (*widescreen*).

Software A – teste orientado ao erro.

Browser Firefox na sua 18.0.1, lançada a 18 Janeiro de 2014.

O *browser* tem a *extension* RealPlayer Browser Record Plugin 15.0.6 instalada e a ativa.

O *browser* tem os plugins RealJukebox NS Plugin 15.0.6.14, RealNetWorks™ Chrome Background Extension Plug-in (32bit) 15.0.6.14, RealPlayer Download Plugin 15.0.6, RealPlayer™ G2 LiveConnect-Enabled Plug-In (32-bit) 15.0.6, RealPlayer™ HTML5 VideoShim Plug-in (32-bit) 15.0.6.14 e o Shockwave Flash 11.3.300.262 instalados e ativos (ver figura nº65).

Software B – teste orientado ao acerto

Browser Firefox na sua 18.0.2, lançada a 5 Fevereiro de 2013. O *browser* não tem *extensions* extra ativos. O *browser* tem o *plugin* Shockwave Flash 11.3.300.262 instalado e ativo.

Passos do Caso de Teste

1. Ligar o *browser*.
2. Introduzir o *link* “<https://www.youtube.com/watch?v=VCTen3-B8GU>” na caixa de endereço e premir a tecla “enter”.
3. Alternar até 3 vezes entre o modo de visualização normal do vídeo e o modo teatro.

Resultado esperado

O vídeo é corretamente carregado sendo que as transições entre os dois modos ocorrem fluidamente (ver figura nº66 e 67).

⁴³ Marca propriedade da Google Inc.

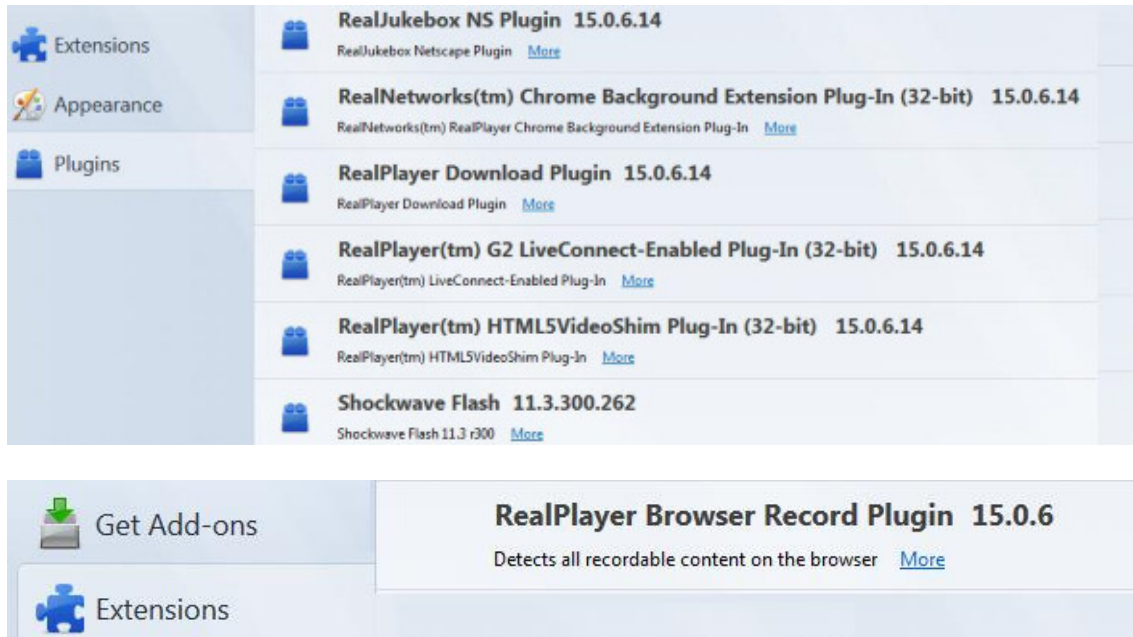


Figura 65 – *Extensions* e *Plugins* do Firefox 18.0.1 (Fonte Própria)

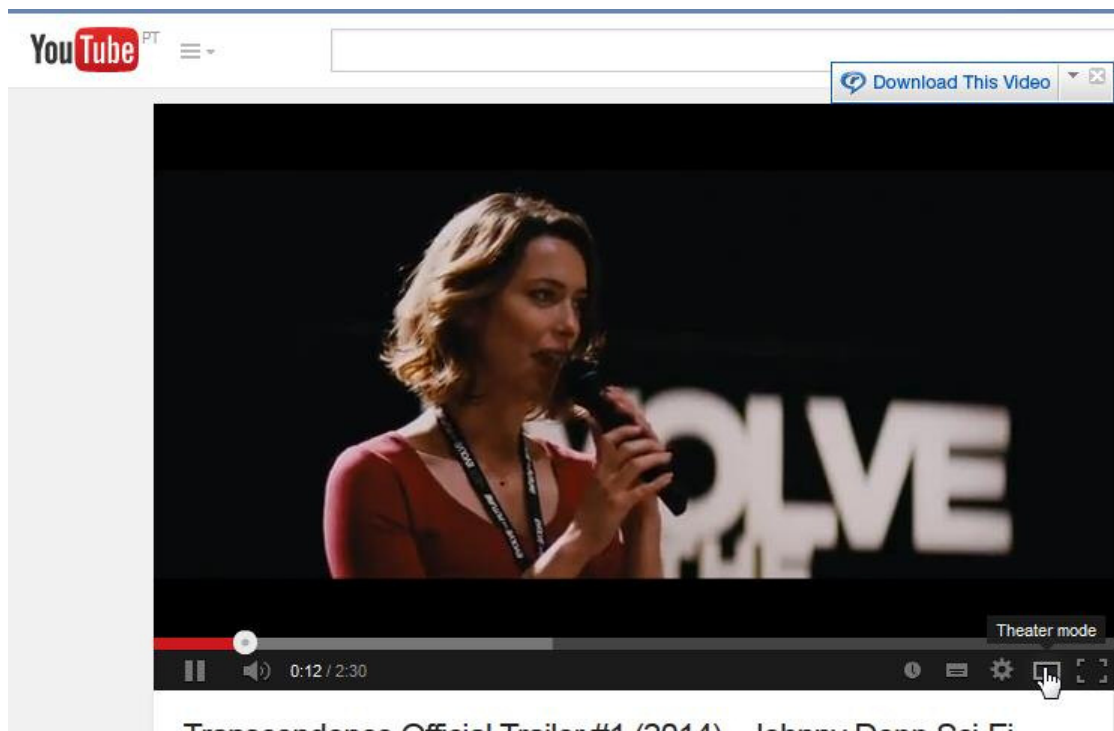


Figura 66 – Visualização de vídeo no *Youtube* em modo normal, estando o cursor posicionado sob o botão “Mudar para modo de cinema” (Fonte Própria)

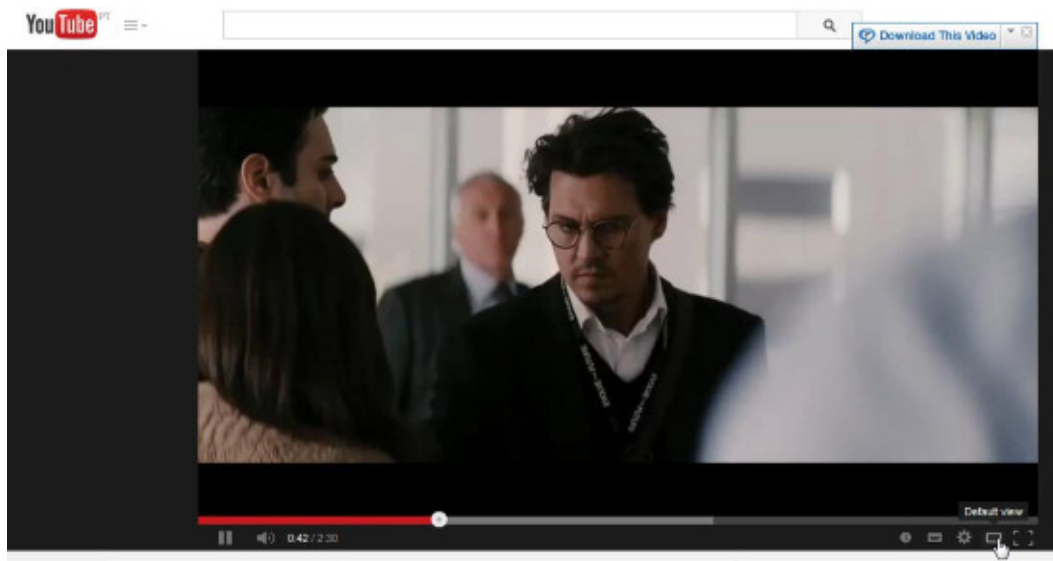


Figura 67 – Visualização de vídeo no *Youtube* em modo cinema, estando o cursor posicionado sob o botão “Mudar para modo de norma” (Fonte Própria)

Caso de Teste nº 3 – *Software* Dirigido à Resolução do Problema “InverteHex”

Tarefa em estudo: Execução de aplicação que por via de um algoritmo resolve um problema matemática teórico, apelidado de InverteHex⁴⁴.

Software A – teste orientado ao acerto.

Programa InverteHex.exe⁴⁵ (ver figura nº68)

Passos do Caso de Teste

1. Duplo clique no programa InverteHex.exe
2. Introduzir a opção “6” e premir a tecla “enter”.

Software B – teste orientado ao acerto

Programa 1003665.exe⁴⁶ (ver figura nº69)

⁴⁴ Problema matemático “InvertHex” decorre num tabuleiro hexagonal, de $N \times (2N)$. Cada hexágono pode ter uma marca ou não. O objectivo é colocar todas as casas com marca, ou sem marca. Os movimentos permitidos, é a inversão de uma casa e todas as suas casas vizinhas

⁴⁵ Propriedade Intelectual de Prof. Dr. José Pedro Fernandes da Silva Coelho

Passos do Caso de Teste

1. Duplo clique no programa 1003665.exe
2. Introduzir a opção “6” e premir a tecla “enter”.

Software C – teste orientado ao acerto

Programa 1100194.exe ⁴⁷ (ver figura nº70)

Passos do Caso de Teste

1. Duplo clique no programa 1100194.exe
2. Introduzir a opção “5”.
3. Introduzir novamente a opção “5” e premir a tecla “enter”.

Resultado esperado

O programa de *software* calcula a melhor solução possível.

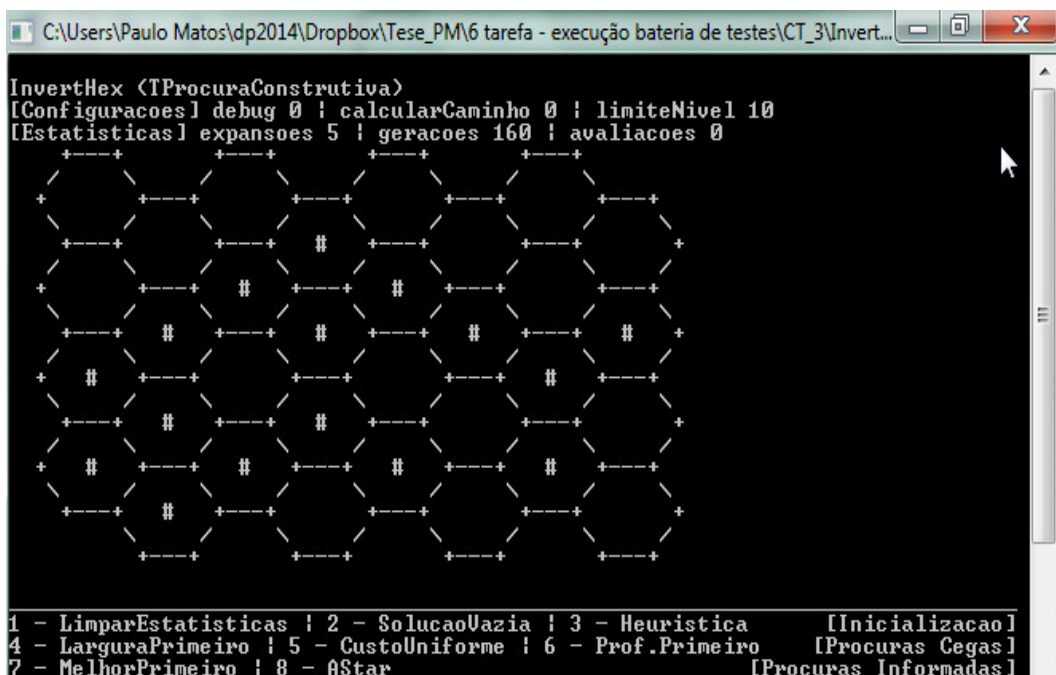


Figura 68 – Programa InverteHex.exe em execução (Fonte Própria)

⁴⁶ Propriedade intelectual da Unidade Curricular Introdução à Inteligência Artificial 1, lecionada na Universidade Aberta pelo Prof. Dr. José Pedro Fernandes da Silva Coelho

⁴⁷ Propriedade intelectual da Unidade Curricular Introdução à Inteligência Artificial 1, lecionada na Universidade Aberta pelo Prof. Dr. José Pedro Fernandes da Silva Coelho

```
C:\Users\Paulo Matos\dp2014\Dropbox\Tese_PM\6 tarefa - execução bateria de testes\CT_3\1003...
InvertHex - Exemplo 5 (TProcuraConstrutiva)
[Configuracoes] debug 0 | calcularCaminho 0 | limiteNivel 10
[Estatisticas] expansoes 0 | geracoes 0 | avaliacoes 0
0 0 0 1 0 0 0 0
0 1 1 1 1 1 0 1
1 1 0 1 0 0 1 0
1 1 1 0 1 0 1 0

1 - LimparEstatisticas | 2 - SolucaoVazia | 3 - Heuristica [Inicializacao]
```

Figura 69 – Programa 1003665.exe em execução (Fonte Própria)

```
C:\Users\Paulo Matos\dp2014\Dropbox\Tese_PM\6 tarefa - execução bateria de testes\CT_3\1100...
Escolha o exemplo a analisar (1-5): 5
Puzzle InvertHex (TProcuraConstrutiva)
[Configuracoes] debug 0 | calcularCaminho 0 | limiteNivel 10
[Estatisticas] expansoes 0 | geracoes 0
+---+ +---+ +---+ +---+
+   +   +   +   +   +
+---+ +---+ # +---+ +---+
+   +   # +---+ # +---+
+---+ # +---+ # +---+ # +---+
+   # +---+ +---+ # +---+
+---+ # +---+ # +---+ # +---+
+   # +---+ # +---+ # +---+
+---+ # +---+ # +---+ # +---+
+   # +---+ # +---+ # +---+
+---+ # +---+ # +---+ # +---+
```

Figura 70 – Programa 1100194.exe em execução (Fonte Própria)

Caso de Teste nº4 – Software Dirigido à Resolução do Puzzle “Mouse Trap”

Tarefa em estudo: Execução de aplicação que por via de um algoritmo resolve um problema matemática teórico, apelidado de MouseTrap⁴⁸.

Software A – teste orientado ao acerto.

Programa MouseTrap.exe⁴⁹ (ver figura nº71)

Passos do Caso de Teste

3. Duplo clique no programa MouseTrap.exe
4. Introduzir a opção “6” e premir a tecla “enter”.

Software B – teste orientado ao erro

Programa 1001996.exe⁵⁰ (ver figura nº72)

Passos do Caso de Teste

3. Duplo clique no programa 1001996.exe
4. Introduzir a opção “6” e premir a tecla “enter”.

Resultado esperado

O programa de *software* calcula a melhor solução possível.

⁴⁸ Problema matemático “Mouse Trap” decorre num tabuleiro de 6x6, e tem blocos que ocupam 2 ou 3 casas. Os blocos podem estar na horizontal ou vertical, e podem ser deslocados para casas vazias apenas na direcção em que estão. O rato ocupa duas casas, e encontra-se na horizontal, na terceira linha, sendo o objectivo a sua saída pela parede lateral direita. Os blocos e o rato, nunca podem estar sobrepostos.

⁴⁹ Propriedade Intelectual de Prof. Dr. José Pedro Fernandes da Silva Coelho

⁵⁰ Propriedade intelectual da Unidade Curricular Introdução à Inteligência Artificial 1, lecionada na Universidade Aberta pelo Prof. Dr. José Pedro Fernandes da Silva Coelho

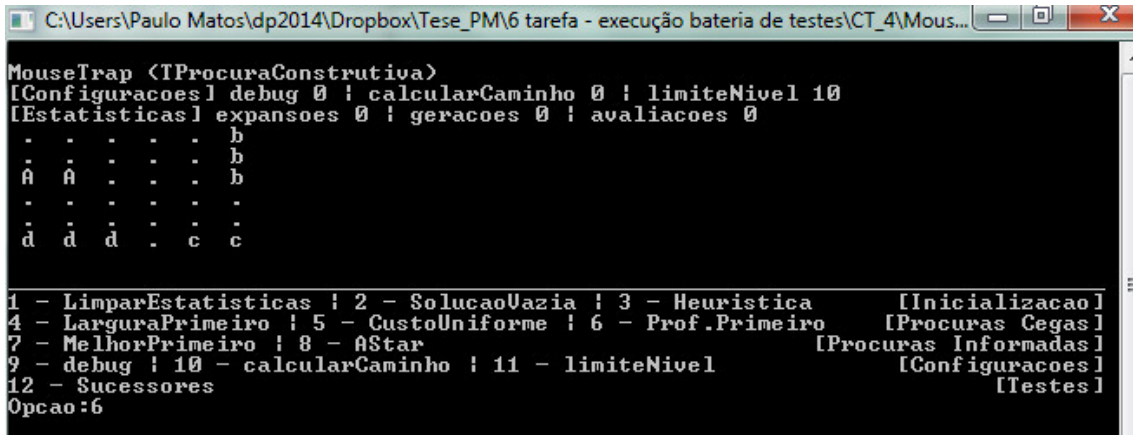


Figura 71 – Programa MouseTrap.exe em execução (Fonte Própria)

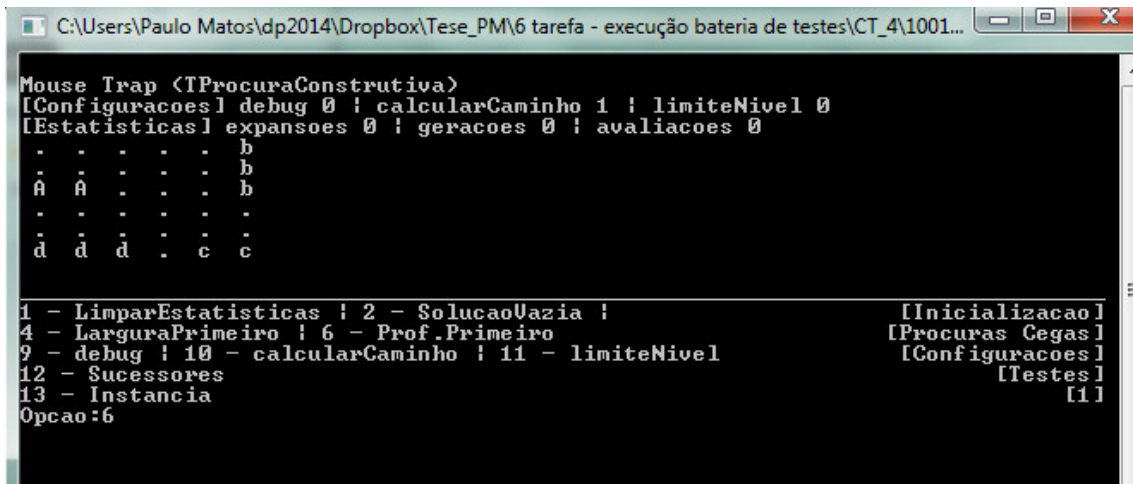


Figura 72 – Programa 1001996.exe em execução (Fonte Própria)

Ambientes de Teste Disponíveis

Código Referência **_SUT1_**

Tipo e Nome Comercial do SO

SO Linux: Ubuntu Suse Fedora Debian Outro.

SO Windows: XP Vista **7** 8 Outro.

SO Mac OS: Lion (10.7) Mountain L. (10.8) Mavericks (10.9) Outro.

2.1 Arquitetura: **32 bits (x86)** 64 bits (x64) Outra. Qual? _____

Especificações *System Under Test*

- 3.1 Tipo Equipamento Desktop Portátil/Netbook
- 3.1.1 Fonte de Energia Bateria Corrente Contínua
- 3.2 Designação Comercial Processador: AMD Phenom 9500
- 3.2.1 Quant. Núcleos 1 core 2 core 4 core Outros. Quant. ___
- 3.2.2 Velocidade: 2200 MHz
- 3.3 Quant. Memória RAM 512 MB 1 GB 4 GB Outros. Quant. 3GB
- 3.4 Designação Comercial Disco Rígido SEAGATE ST3500830AS
- 3.4.1 RPM: 4800 rpm 5200 rpm 7200 rpm Outros. Quant. ___
- 3.4.2 Espaço 120 GB 500 GB 1 TB Outros. Quant. ___
- 3.4.3 Fator da Forma 2,5" 3,5" Outros. Quant. ___
- 3.5 Designação Comercial Placa Gráfica NVIDIA GEFORCE 8500 GT
- 3.5.1 Quant. Memória: 256 MB 512 MB 1 GB Outros. Quant. ___
- 3.6 Designação Comercial Placa Mãe FOXCONN MCP61DM2MA
- 3.7 Tipo de Sistema de Refrigeração (maioritário): Ar Líquida
- 4.3 TDP: CPU 95 (W) GPU 40 (W) Disco Rígido 5,8 (W) Placa-mãe 107,4 (W)
- 4.2 CMaEG: 184 (W)
- 4.1 CMiEG: 78 (W) 4.1.1 CMiEG do Ensaio 110 (W)
- 4.1.1 Apurado via: Wattímetro Pinça Amperimétrica Joulemeter

Código Referência SUT2

Tipo e Nome Comercial do SO

- SO Linux: Ubuntu Suse Fedora Debian Outro.
- SO Windows: XP Vista 7 8 Outro.
- SO Mac OS: Lion (10.7) Mountain L. (10.8) Mavericks (10.9) Outro.

2.1 Arquitetura: 32 bits (x86) 64 bits (x64) Outra. Qual? _____

Especificações *System Under Test*

3.1 Tipo Equipamento Desktop Portátil/Netbook

3.1.1 Fonte de Energia Bateria Corrente Contínua

3.2 Designação Comercial Processador: Intel Core i5-480M

3.2.1 Quant. Núcleos 1 core 2 core 4 core Outros. Quant. ___

3.2.2 Velocidade: 1200_a 2933.33 MHz

3.3 Quant. Memória RAM 512 MB 1 GB 4 GB Outros. Quant. _____

3.4 Designação Comercial Disco Rígido HITACHI_HTS725050A9A364

3.4.1 RPM: 4800 rpm 5200 rpm 7200 rpm Outros. Quant. _____

3.4.2 Espaço 120 GB 500 GB 1 TB Outros. Quant. _____

3.4.3 Fator da Forma 2,5" 3,5" Outros. Quant. _____

3.5 Designação Comercial Placa Gráfica: Intel Auburndale/Arrandale | ATI Mobility Radeon HD 5650 [HP]

3.5.1 Quant. Memória: 256 MB 512 MB 1 GB Outros. Quant. Intel Auburndale não tem informação disponível. A ATI Radeon 56501 tem 1GB DD3.

3.6 Designação Comercial Placa Mãe Hewlett-Packard_163C

3.7 Tipo de Sistema de Refrigeração (maioritário): Ar Líquida

4.3 TDP: CPU 35 (W) GPU 15 (W) Disco Rígido 1,7 (W) Placa-mãe N/A (W)

4.2 CMaEG: 29 (W)

4.1 CMiEG: 6,2 (W) 4.1.1 CMiEG do Ensaio: 15 (W)

4.1.1 Apurado via: Wattímetro Pinça Amperimétrica Joulemeter

Matriz de Testes versus Ambientes

Por questões de ordem prática e técnica⁵¹ não foram realizados todos os testes em todos os ambientes disponíveis.

Abaixo coloca-se a matriz de apuramento com a identificação em que ambientes se realizaram cada caso de teste e a forma de medição.

<i>Caso de Teste</i>	<i>SUT1</i>			<i>SUT2</i>		
	Wattímetro	P. Amperimétrica	Joulemeter	Wattímetro	P. Amperimétrica	Joulemeter
1A			•			•
1B			•			•
2A			•			•
2B			•			•
3A			•			•
3B	•	•	•			•
3C			•			•
4A	•	•	•			•
4B	•	•	•			•

Tabela 9 – Matriz de Cobertura dos Casos de Teste Executados com os Ambientes Disponíveis

Conclui-se, assim, que foram executados 24 casos de testes nos quais 25% utilizaram a contagem de consumo via equipamentos físicos (ver figura nº73), 38% utilizaram com referência no CMiEG um equipamento físico e os restantes 38% foram feitos com soluções de apuramento de consumo totalmente virtuais.

⁵¹ Num portátil que esteja a receber energia da bateria não é possível usar qualquer equipamento físico.

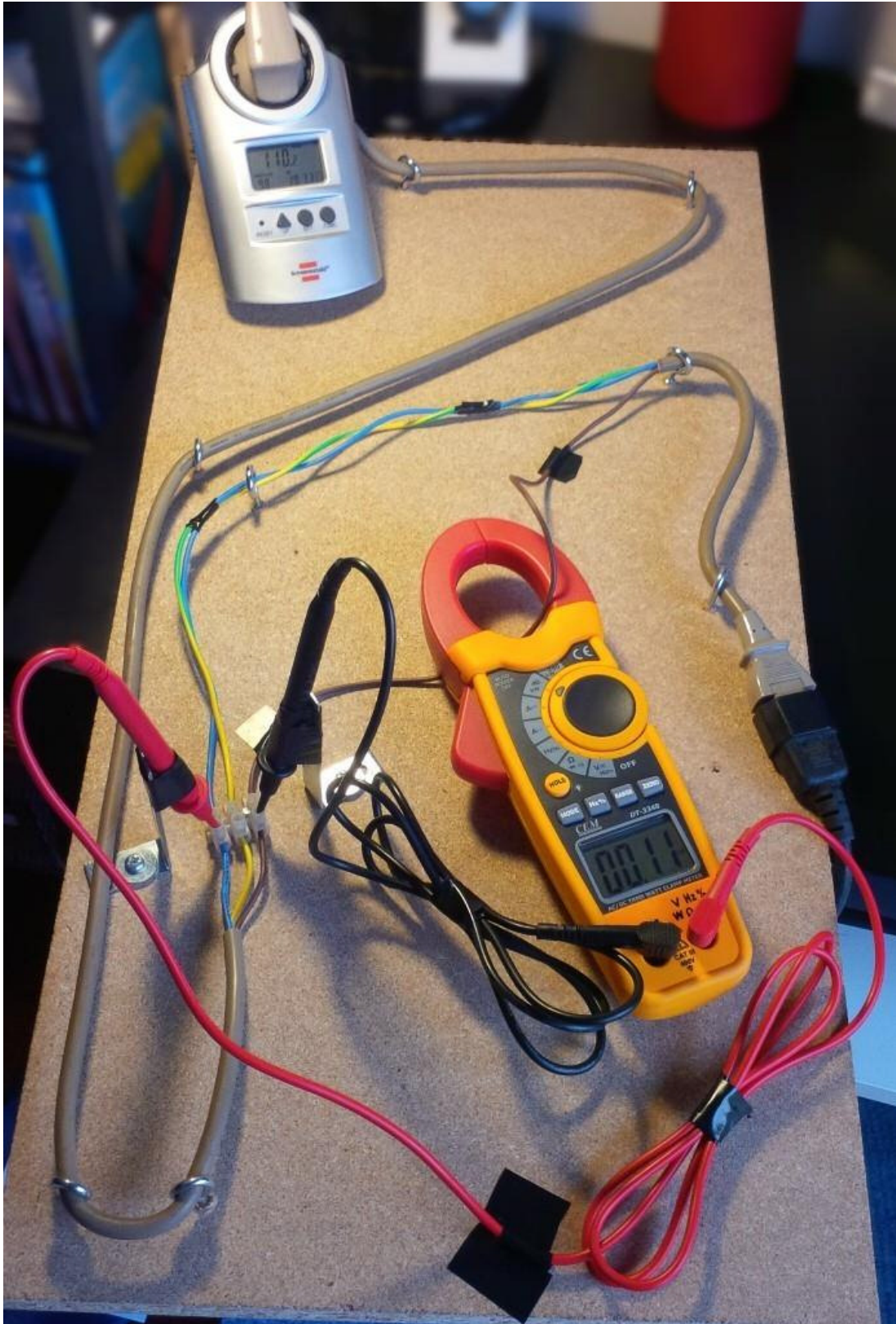


Figura 73 – Placa de Medição com Wattímetro e Pinça Amperimétrica operando em simultâneo (Fonte Própria)

CAPÍTULO VIII – RESULTADOS E INTERPRETAÇÃO

O presente capítulo investiga quais as métricas mais apropriadas para avaliar os parâmetros a terem-se em conta na avaliação do consumo energético, concretiza análises teóricas e faz a análise dos dados recolhidos.

Análise Gráfica Teórica

Antes de avaliarmos quais foram os resultados que obtivemos é importante delinear uma estratégia de avaliação teórica sobre o que poderá ser um bom resultado ou não.

Assim, de seguida são apresentados dois gráficos (número 11 e 12) que podem servir de sustentáculo às futuras análises. A análise gráfica faz a relação entre os parâmetros energia consumida *versus* tempo despendido na execução do caso de teste. Por sua vez o produto destes dois parâmetros somado representa a energia consumida em cada caso de teste.

Measurement 2 Test Cases

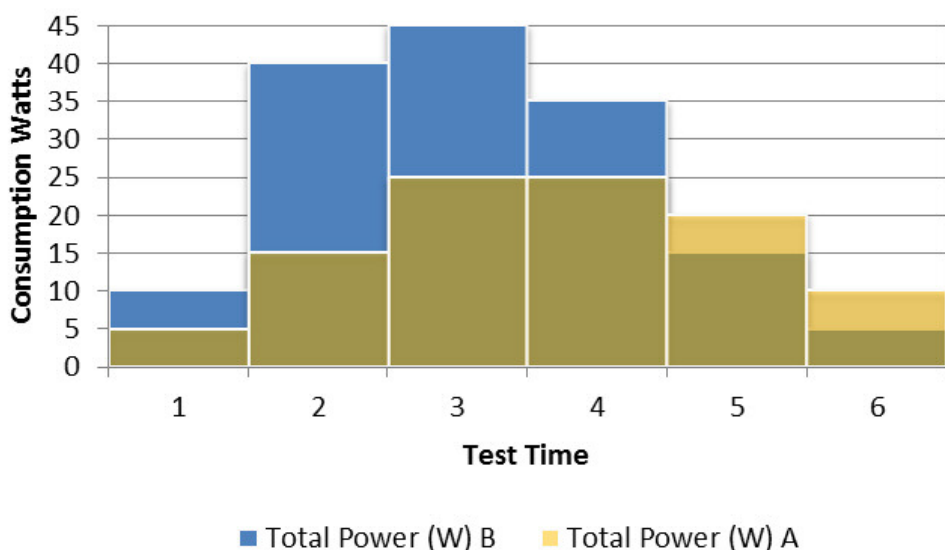


Gráfico 11 – Comparativo entre duas aplicações em que o CT “B” consumiu 150Ws e o CT “A” consumiu 100 Ws (Fonte Própria)

Measurement 2 Test Cases

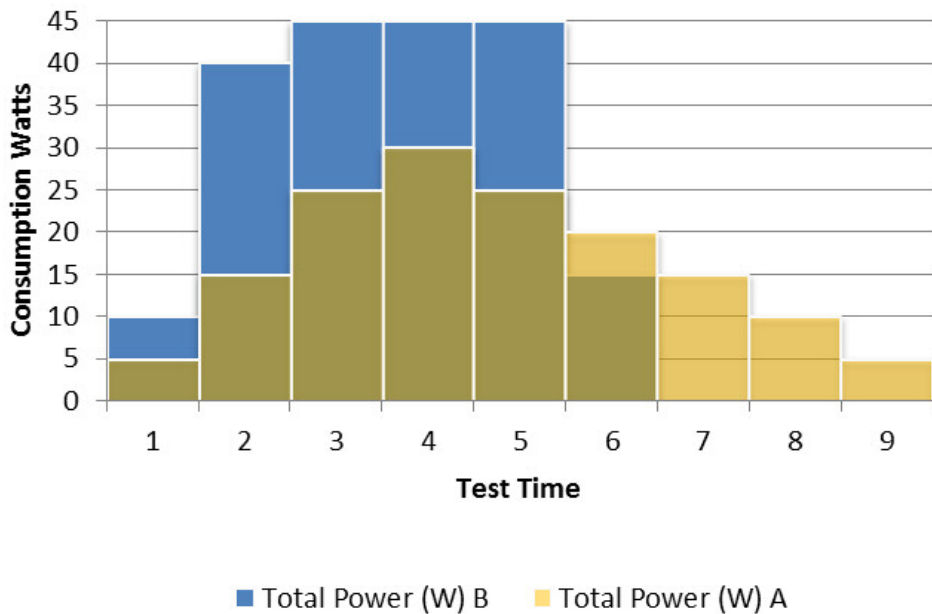


Gráfico 12 – Comparativo entre duas aplicações em que o CT “B “consumiu 200 Ws e o CT A 150 Ws (Fonte Própria)

No primeiro gráfico a funcionalidade foi cumprida em ambos os casos de teste e no mesmo período temporal. A única diferença foi o consumo energético ao longo do período pelo que é de considerar que o Caso de Teste A atingiu uma melhor eficiência energética ao consumir menos (50 Ws).

O segundo gráfico tem uma dupla interpretação pelo facto do período temporal não ser exatamente o mesmo. Assim, se a funcionalidade em teste não existir num sistema que necessite de cálculo em tempo real (por exemplo operações de *streaming* de áudio ou vídeo, entre outros) não é importante o fator tempo pelo que o CT A, ao consumir menos 50 W que o CT B é mais eficiente energeticamente. Caso o fator tempo fosse importante o CT A deveria ser considerado menos eficiente energeticamente pois ao não alcançar um resultado válido no tempo pretendido (face ao CT B) está a desperdiçar capacidade de processamento, na igual medida de desperdício que um *software* que tenha um erro impeditivo ao apuramento dum resultado válido.

Desenvolvimento de Métricas

Para o desenvolvimento de métricas foram utilizados os resultados do CT1A e o CT1B medidos automaticamente pelo *software* de apoio Joulemeter no SUT 2. Optou-se por analisar estes dados e não outros atendendo a que estes não têm interação humana (na obtenção das métricas) pelo que, potencialmente, estarão mais livres de erros ou omissões.

Assim, o objetivo foi verificar quais as variáveis que mais sofrem alterações ao longo da medição por forma a perceber onde o consumo de energia pode estar a acontecer e com isso perceber qual eficiência energética da operação por comparação. O CT1A é orientado ao erro, ao contrário do CT1B, pelo que o tempo de ensaio é a principal consequência indireta.

Variáveis de Potência ao longo do tempo (Ws)

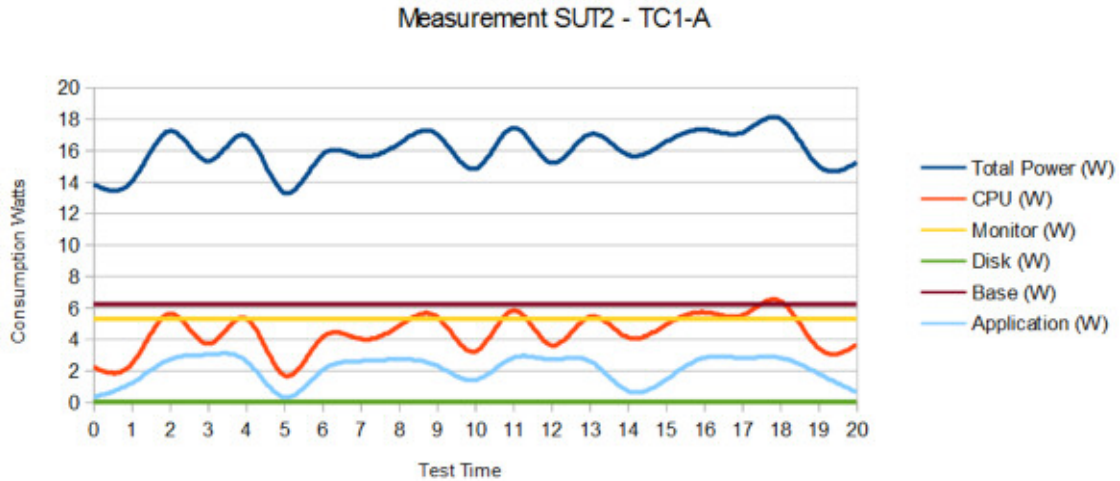


Gráfico 13 – Consumo em Watts-segundo do SUT 2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)

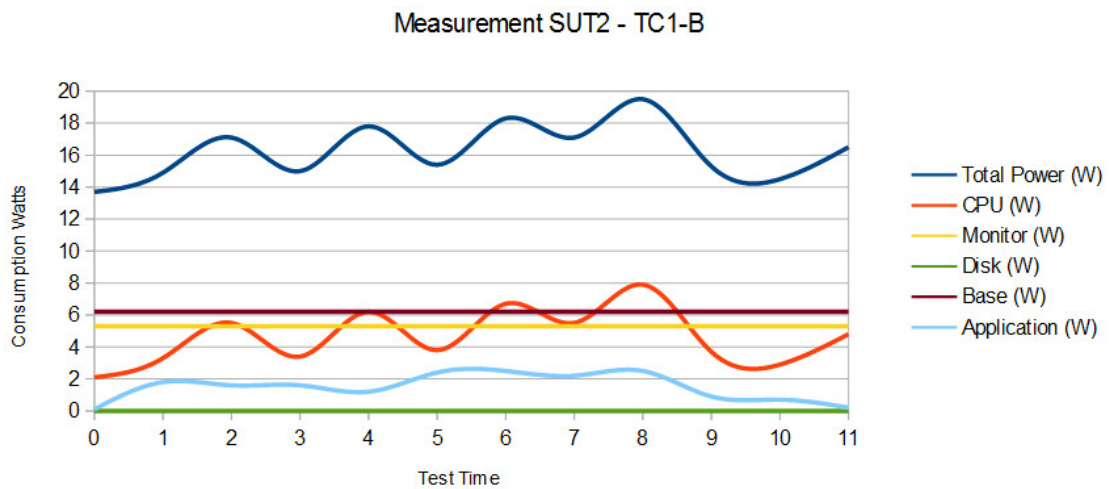


Gráfico 14 – Consumo em Watts-segundo do SUT 2 no caso de teste 1 B (Fonte Própria)

A primeira situação diferente entre o Caso de Teste 1-A e 1-B (ver gráficos 13 e 14) é o tempo que demora a ser executado o caso de teste, isto é, no primeiro ensaio demora 20 segundos e no seguinte menos 9 segundos (1B = 11 segundos). Refiro que o caso teste tem duas acções: ligar o *browser* e aceder a um site, mas a parte de medição aqui analisada corresponde apenas à segunda parte pelo que uma diferença de tempos de execução tão expressiva (mais de 80%) no CT A, é por si só, reveladora de que algo não correu bem.

Em relação às seis variáveis recolhidas verificamos que apenas três têm importância: “CPU” (*Watts consume*), “Application” (*Watts consume*) e a súmula de todas “Total Power” (*Watts consume*). As restantes, por serem constantes ao longo da medição, não revelam importância para serem analisadas.

A linha de consumo “Total Power” e “CPU” apresentam características muito semelhantes na ondulação sinuzoidal em ambos os casos de teste. Porém ao analisar mais cuidadosamente verificamos que no caso A existem 8 picos de potência e no B apenas 4, ou seja metade, e ainda que no Caso B no último pico o consumo quase atingiu 20 Ws e no caso A nunca ultrapassou os 18Ws. Por sua vez, a linha da medição da “Application” apresenta quedas de consumo bem alinhadas com o “Total Power” em quatro (4) vezes no caso A e apenas uma (1) no caso B (e porque foi o fim do teste e esta queda existirá sempre). Conclui-se que o valor de consumo da “Application” está muito mais alinhado com a potência geral (e por consequência, do “CPU”) no caso em que há “problemas” ou ineficiências no *software* que no caso em que o *software* continua a operar de forma regular. O número de picos e quedas

em grande número, apesar de poder indiciar que os dados estão a ser processados com dificuldades pelo *software*, matematicamente poderia indicar que se estava numa situação equivalente (se área do gráfico A fosse igual que a área do gráfico B) mas tal não é o caso.

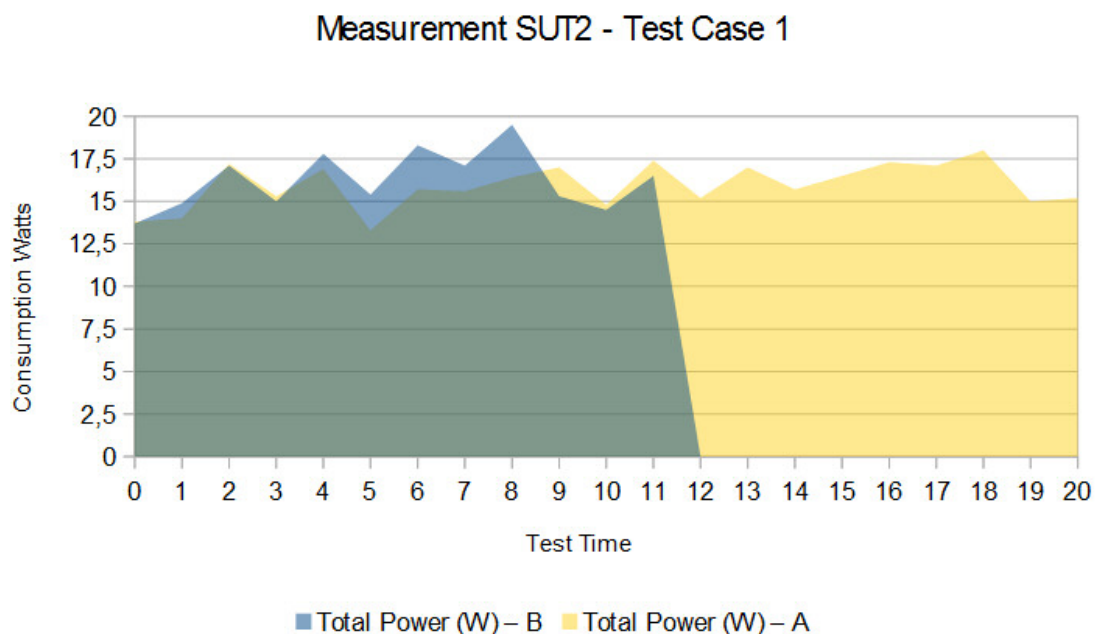


Gráfico 15 – Consumo em Watts-segundo do SUT 2 destacando a variável *Total Power* no Caso de Teste 1 (Fonte Própria)

A diferença entre as áreas ocupadas traduzem diferenças de consumo de 334 Ws (caso A) e de 195 Ws (caso B). Dos gráficos acima indicados constata-se que o “Total Power” varia na mesma proporção que o “CPU” por isso parece-nos razoável afirmar que o Joulemeter apesar de contabilizar o valor para a aplicação isoladamente, também demonstra existir uma razoável variação do parâmetro “CPU” pelo que deve ser contabilizado para a percepção do consumo energético. Assim, no caso A a soma do consumo das duas variáveis é 133 Ws (ver gráfico nº16) e no caso B é 74 Ws (ver gráfico nº17), pelo que há uma diferença de 59 Ws (o caso A é novamente 80% menos eficiente).

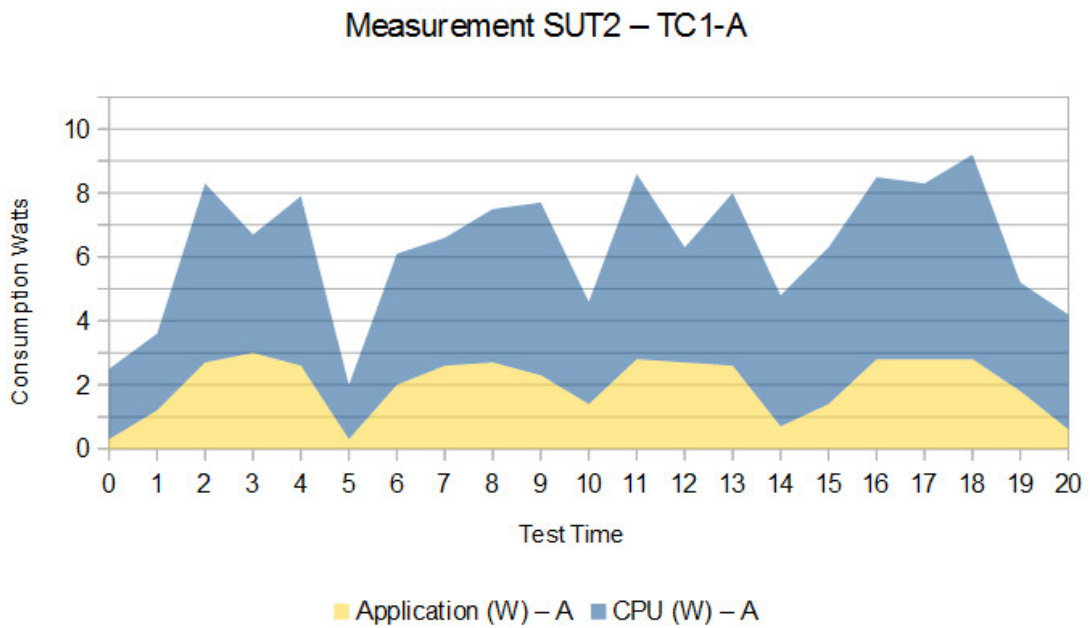


Gráfico 16 – Consumo em Watts-segundo do SUT 2 destacando as variáveis *Application* e *CPU* no caso de teste 1 A (Fonte Própria)

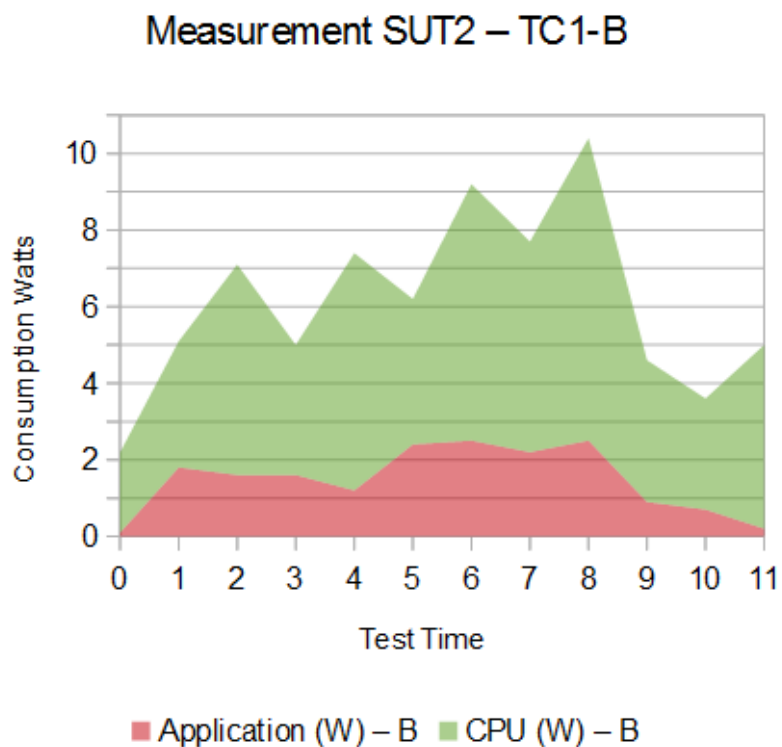


Gráfico 17 – Consumo em Watts-segundo do SUT 2 destacando as variáveis *Application* e *CPU* no caso de teste 1 B (Fonte Própria)

Por fim, se avaliarmos só o valor que o Joulemeter indica ser o provocado pelo aplicação no caso de teste verificamos que no caso A houve um consumo de 42 Ws e no caso B 18 Ws, pelo que a diferença é de mais de 130% (ver gráfico 18).

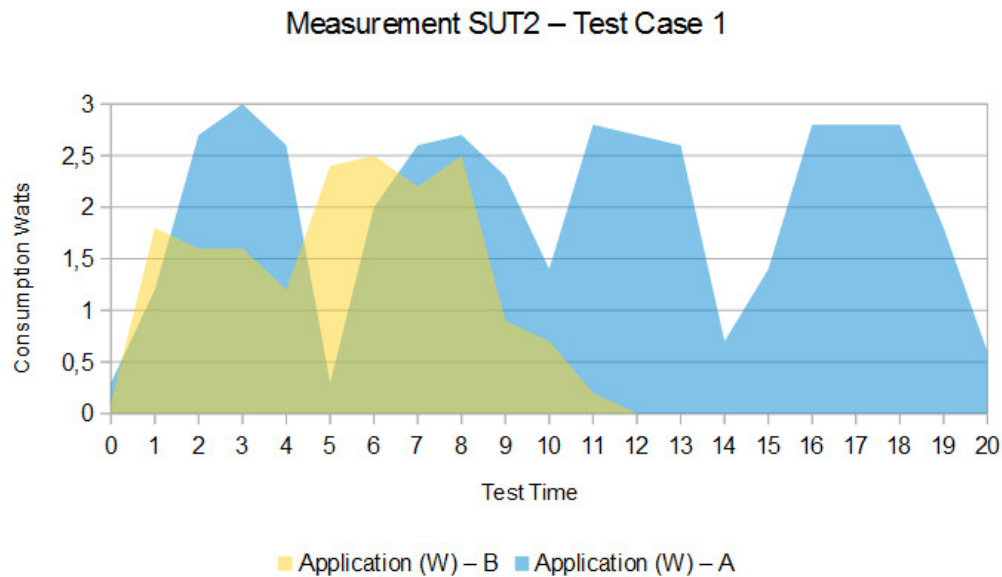


Gráfico 18 – Consumo em Watts-segundo do SUT 2 destacando a variável *Application* no caso de teste 1 (Fonte Própria)

Por fim, e se avaliarmos também isoladamente o valor do consumo do “CPU” entre os dois casos de teste, encontramos um consumo de 91 Ws no caso A e de 56 Ws no caso B, o que denota um diferencial de 63% (ver gráfico 19).

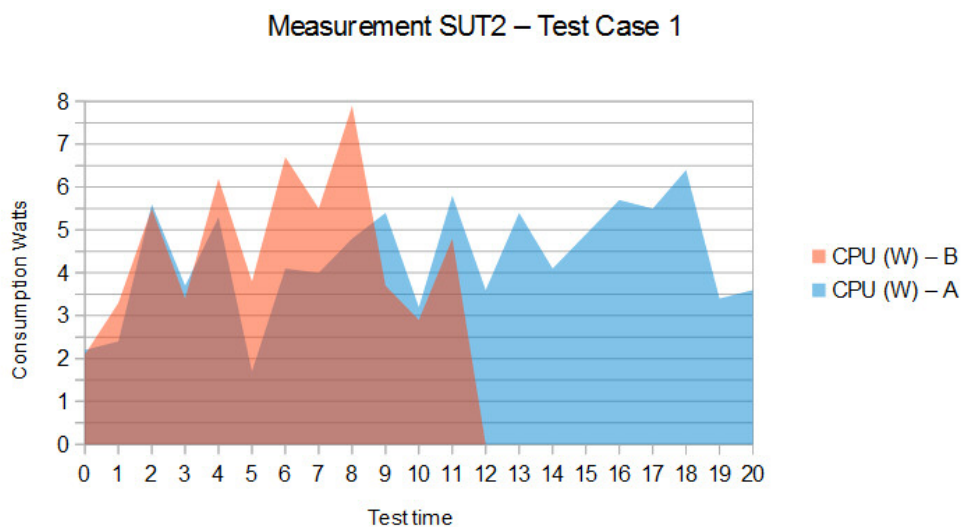


Gráfico 19 – Consumo em Watts do SUT 2 destacando a variável *Application* no caso de teste 1 (Fonte Própria)

Variáveis de Uso de Memória

Em relação às variáveis do uso de memória entre o caso A (ver gráfico nº20) e B (ver gráfico nº21), exceptuando o fator duração divergente já mencionado, as evoluções do consumo são muito semelhantes, tendo inclusive as mesmas tendências antes, durante e no fim dos ensaios pelo que podemos inferir, de forma relativamente arbitrária, que não são importantes para os testes de consumo energético.

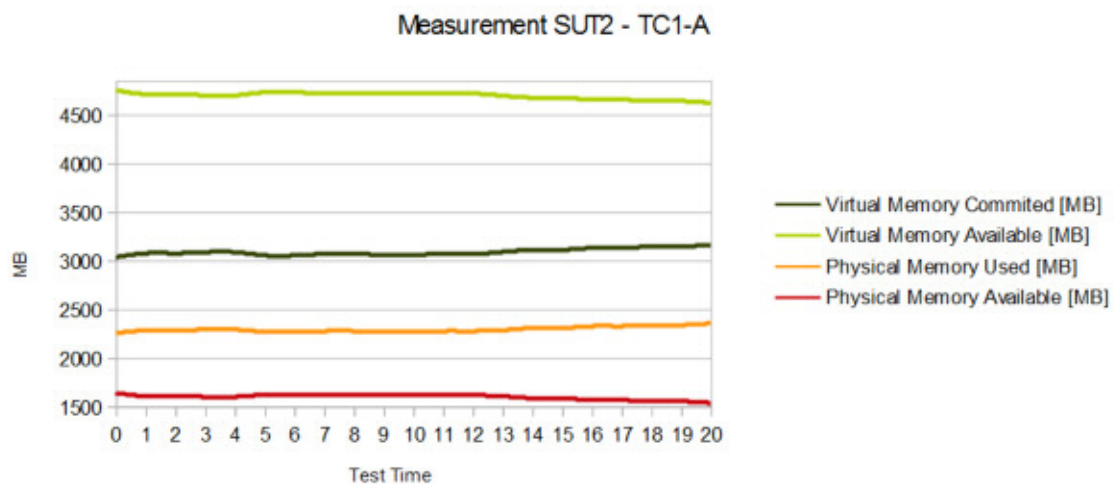


Gráfico 20 – Consumo de memória do SUT 2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)

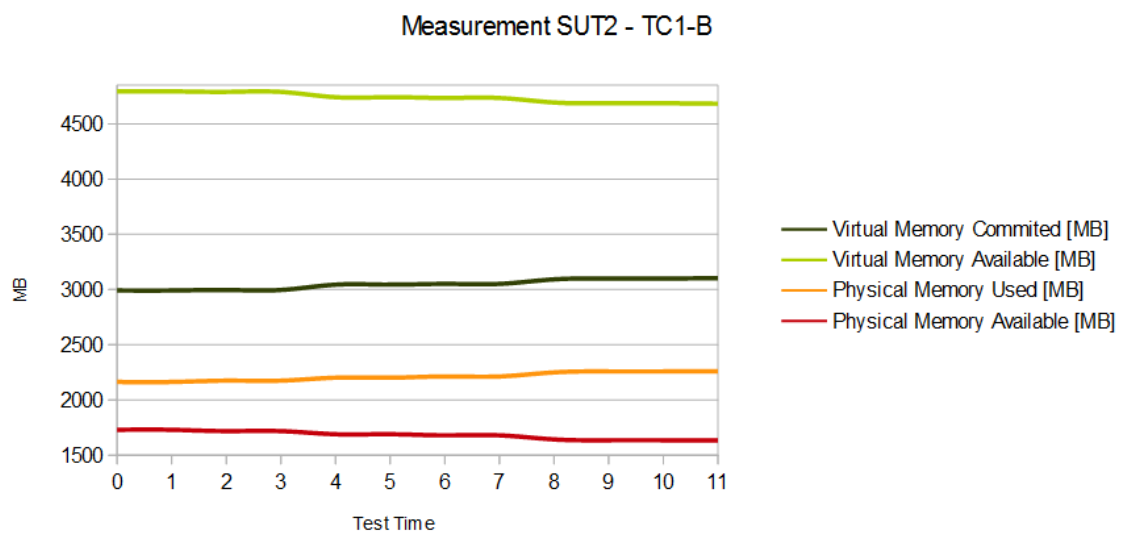


Gráfico 21 – Consumo de memória do SUT 2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)

Variáveis de Utilização do processamento do CPU

O SUT em análise tem na sua composição um CPU que é um *QuadCore*, o que torna rica e interessante a sua avaliação, surgindo dois gráficos bem distintos.

No caso B ficou claro que, no fim do exercício de teste, este faz terminar o processamento de dados em todos os núcleos de forma evidente, facto que não acontece no caso A. Aliás no caso A parece existir uma confusa distribuição das necessidades de processamento ou mau encadeamento da carga/dados a ser processada. Tomemos por exemplo o segundo 10 onde o “Core#1 Thread #1” quase que atinge 50% de utilização e quando os restantes 3 (cores) descem, mas imediatamente a seguir e por inversão, estes sobem todos, ao contrário do primeiro (core) que desce até ao zero de processamento. Ainda no caso A verificamos amplitudes de processamento na ordem dos 55% (exemplo o “core#1 Thread #0” que no segundo 6 estava com 35% e depois no segundo 7 com 90%) enquanto no caso B as amplitudes por segundo são mais contidas, sendo o máximo na ordem dos 30% (exemplo o “Core #0 Thread #1” no segundo 3 estava nos 10% e no segundo a seguir estava nos 40%).

Por fim, considera-se que o indicador “Total CPU Usage” é suficientemente capaz de demonstrar problemas no processamento pois no caso A (ver gráfico nº22) (e por oposição ao caso B – gráfico nº23) a evolução do indicador não é regular ou estável ao longo da medição, facto que se correlaciona bem com os problemas já mencionados, na possível má distribuição do processamento ou encadeamento.

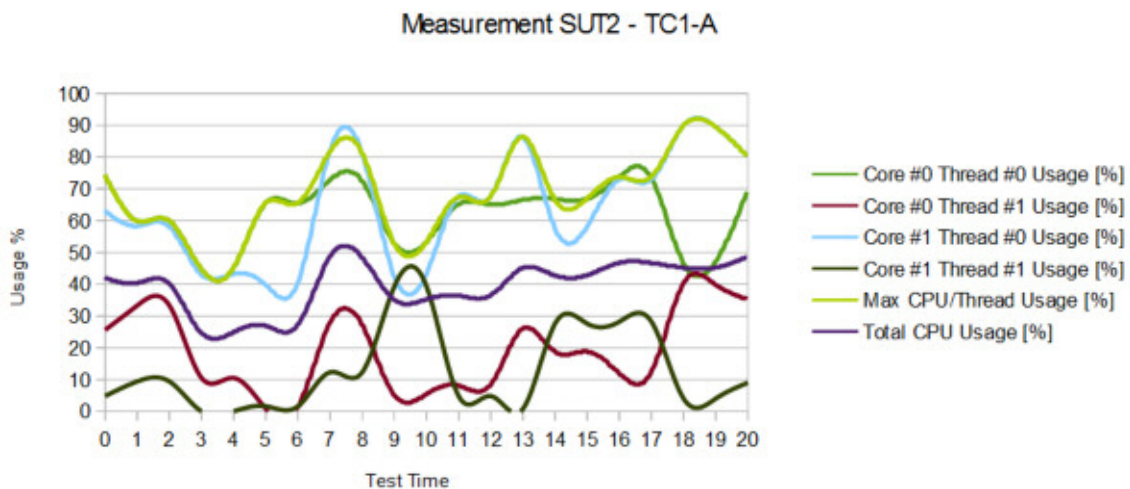


Gráfico 22 – Nível de processamento do SUT 2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)

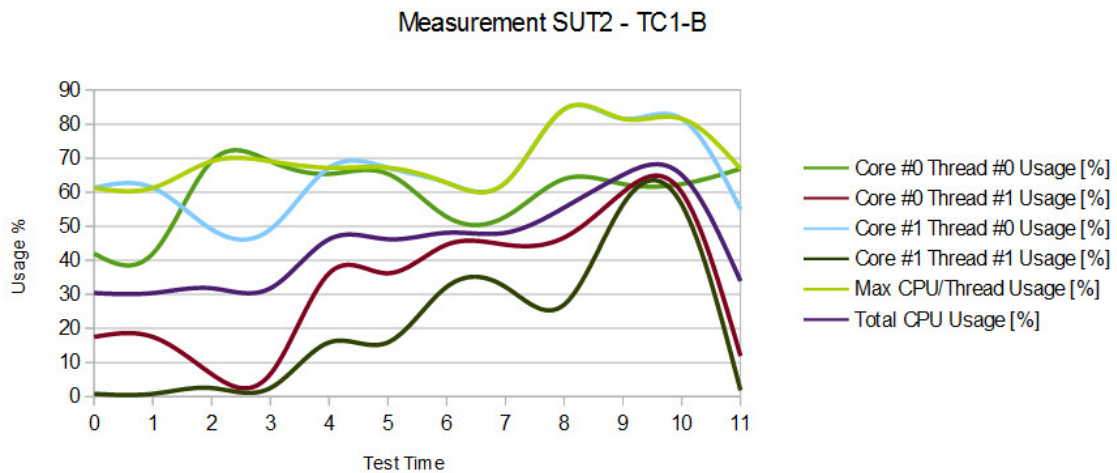


Gráfico 23 – Nível de processamento do SUT 2 no caso de teste 1 B (Fonte Própria)

Variáveis de alteração de Temperatura

Ao nível da temperatura verifica-se alguma flutuação, destacando-se a que ocorre ao nível do processador e principalmente no caso A (ver gráfico nº24 e 25). Porém, como a amplitude dessa flutuação é relativamente baixa (4°C) e acontece ao nível de um componente para o qual já se concluiu avaliar de dupla forma: “Total CPU Usage” e “CPU” (*Watts consume*), não vão ser tomadas em consideração as variáveis de temperatura.

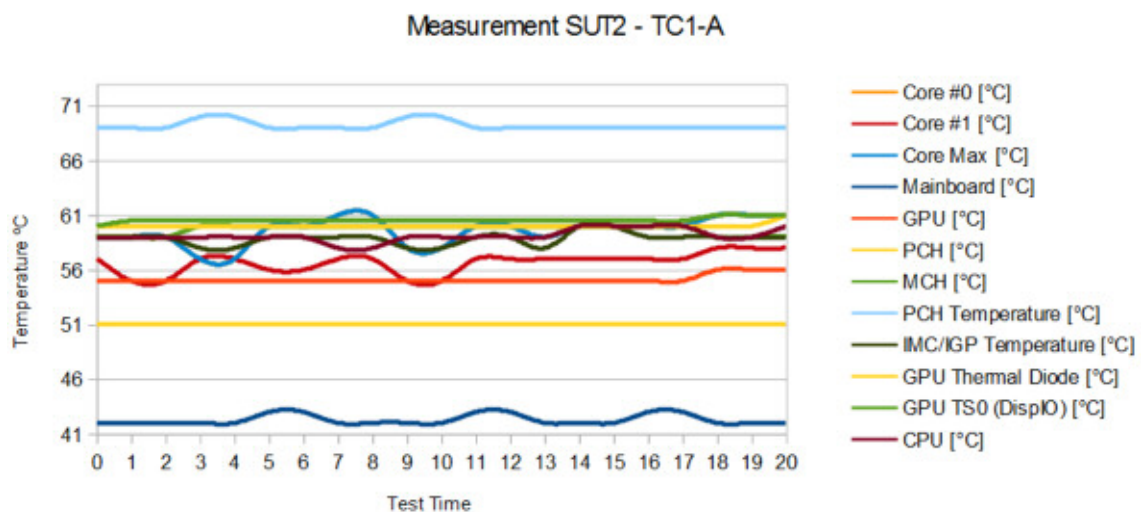


Gráfico 24 – Evolução da temperatura em vários componentes do SUT 2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)

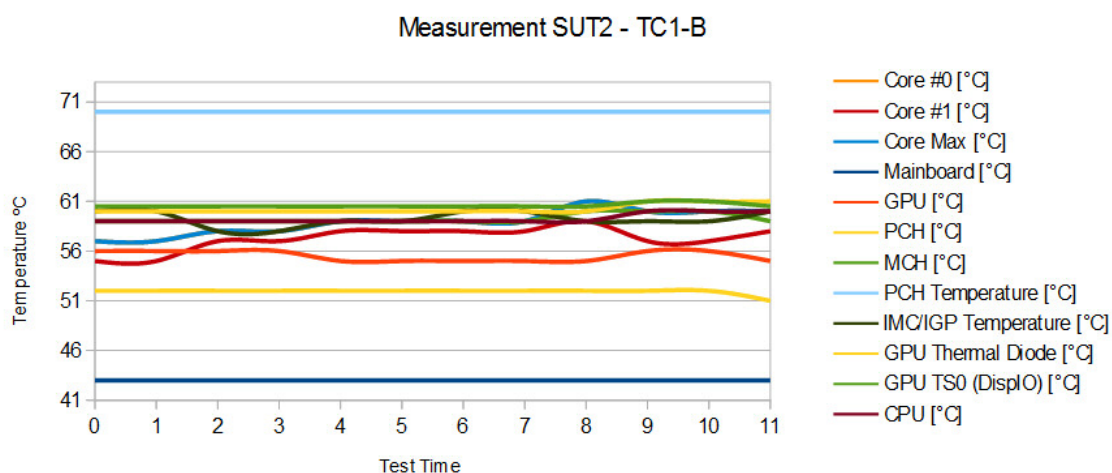


Gráfico 25 – Evolução da temperatura em vários componentes do SUT 2 no caso de teste 1 B (Fonte Própria)

Variáveis de Atividade no Disco Rígido

A existência de atividade ao nível das transações no disco rígido demonstram uma vez mais que no caso A (ver gráfico nº26) o processamento de dados teve menos intensidade no esforço do processamento requerido (o “Total Activity” nunca alcançou os 30%) enquanto no B (ver gráfico nº27) a situação foi relativamente diferente (houve um pico superior a 45% do indicador “Total Activity”). Estes resultados comparativos demonstram a existência de oscilações com interesse em analisar, pelo que o indicador “Total Activity” tem de se manter em uso nas futuras análises.

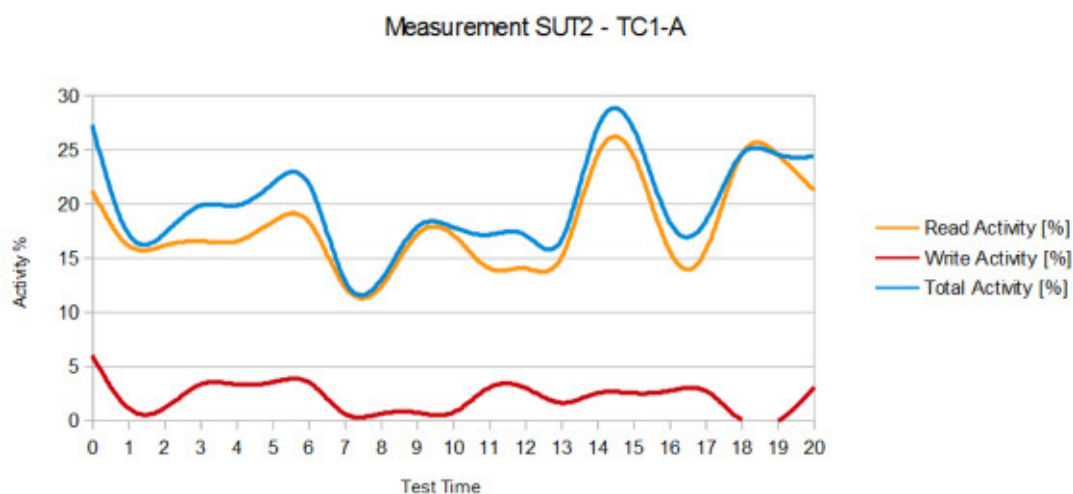


Gráfico 26 – Evolução da atividade no disco rígido do SUT2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)

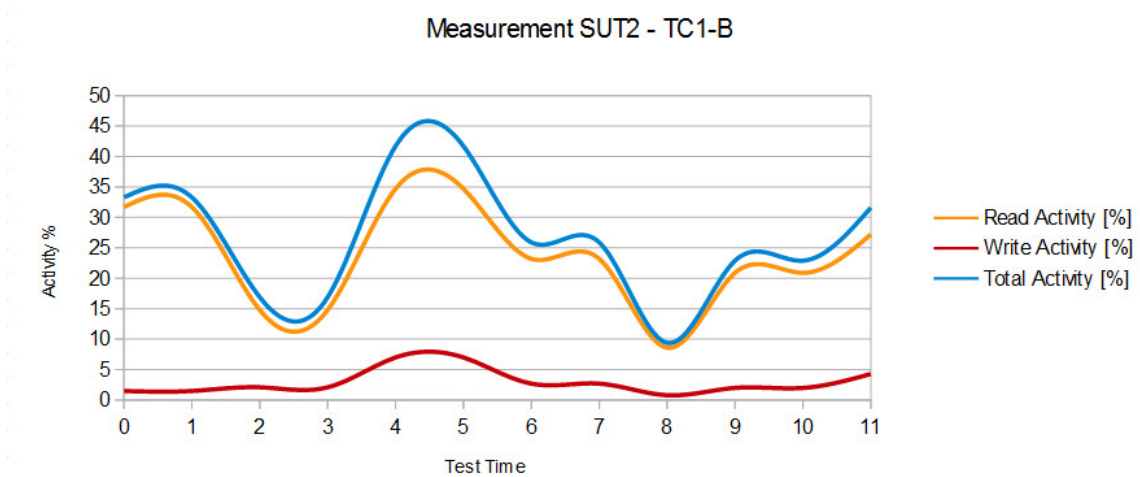


Gráfico 27 – Evolução da atividade no disco rígido do SUT2 no caso de teste 1 B (Fonte Própria)

Variáveis de Uso de Processamento da Placa Gráfica

As variáveis do processamento da placa gráfica parecem-nos apresentar um padrão relativamente igual, ou seja, existe um pico de processamento em ambas na ordem dos 20% e no fim do exercício a sua utilização permanece com tendência crescente. Isto poderá ser explicado pelo caso de teste em si próprio, pois trata-se da abertura de um *site* que fica a ser executado no final do exercício. Por outro lado as variáveis envolvidas tornam claro que apenas a variável “GPU D3D Usage” tem interesse em manter-se nas futuras análises, dada a quase nula interação da outra variável em ambas as situações, em particular na do caso A (ver gráficos nº28 e 29).

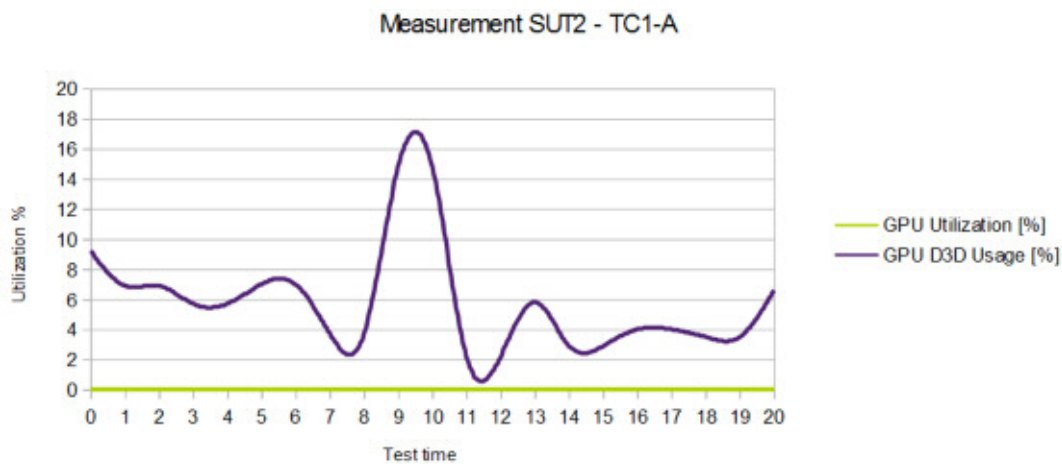


Gráfico 28 – Evolução da atividade do processamento da placa gráfica SUT2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)

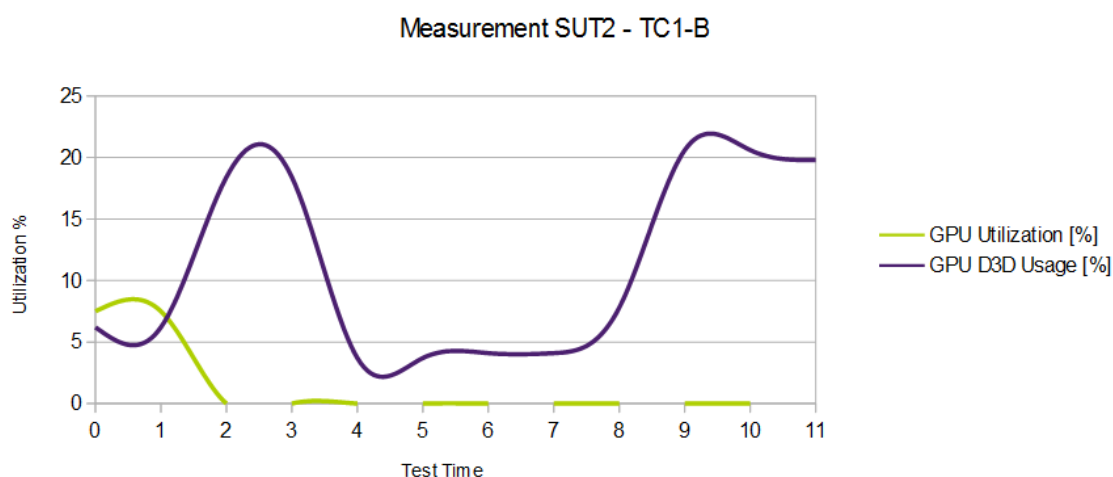


Gráfico 29 – Evolução da atividade do processamento da placa gráfica SUT2 no caso de teste 1 A (Fonte Própria)

Conclusões

As variáveis que devem ser recolhidas durante o TCES são:

1. “Test Time” (seconds) – tempo do caso de teste (segundo);
2. “Total Power” (*Watts consume*) - consumo energético atribuído à globalidade do computador (Watts/segundo);
3. “CPU” (*Watts consume*)⁵² – consumo energético atribuído ao processador (Watts/segundo);
4. “Application” (*Watts consume*)⁵³ - consumo energético atribuído à aplicação em teste (Watts/segundo);
5. “Total CPU Usage” [%] – Nível de processamento alcançado (%/segundo);
6. “Total Activity” [%] – Nível de transações com disco rígido (%/segundo);
7. “GPU D3D Usage” [%] – Nível de processamento da placa gráfica (%/segundo).

⁵² Se for utilizado o *software* de apoio – Joulemeter

⁵³ Se for utilizado o *software* de apoio – Joulemeter

Conclui-se, assim, que as variáveis a ter em conta no consumo energético estão muito correlacionadas com a operacionalidade do processador e com a forma como este lida com o fluxo de dados a processar. Em relação à globalidade das variáveis, quando ocorrer medição via equipamento físico os dados recolhidos têm de ser agrupados em blocos de 5 segundos, fazendo-se a média aritmética simples de cada bloco.

Debate – Qual a Melhor Ferramenta da medição

Existiu uma dúvida sempre presente nesta dissertação: “Qual a melhor ferramenta para medição do consumo energético de *software*?”. Não há de facto uma resposta fácil mas há uma recomendação generalista que se pode tomar como a melhor, atendendo ao contexto que esta dissertação pretende sublinhar que é a massificação do teste ao consumo energético do *software*.

Para exemplo analise-se o caso de teste 3 B executado pelos três métodos⁵⁴ e verificamos no gráfico nº30 que o mesmo SUT apresenta três ordens de grandezas diferentes, isto é, o Joulemeter apresenta um valor médio de 135 Ws, o Wattímetro apresenta um valor médio de 123 Ws e a pinça amperimétrica um valor de 104 Ws. A soma das margens de erro e o consumo próprio do Wattímetro somado significam um desvio de 0,7 Ws (o que é pouco significativo no âmbito destas medições), também são pouco significantes os 2,5% de margem da pinça amperimétrica, que tem como maior problema o facto de se visualizar apenas duas casas decimais na unidade de medida kW o que faz com que se perca precisão.

Desta forma, e considerando que o *software* Joulemeter naturalmente não consegue contemplar (do ponto de vista do algoritmo que tem dentro de si) todos os cenários em que vai simular o consumo, a forma mais recomendável para o apuramento será o Wattímetro, se não se considerar inconveniente a medição agrupada por blocos de 5 segundos. A pior forma de avaliar o consumo do ponto de vista técnico é a pinça amperimétrica. Uma solução de compromisso poderá ser o Joulemeter.

⁵⁴ O Caso de Teste 3 B utilizando a pinça amperimétrica ou o Wattímetro tiveram mais 5 segundos de atividade de que quando utilizando o Joulemter na medição.

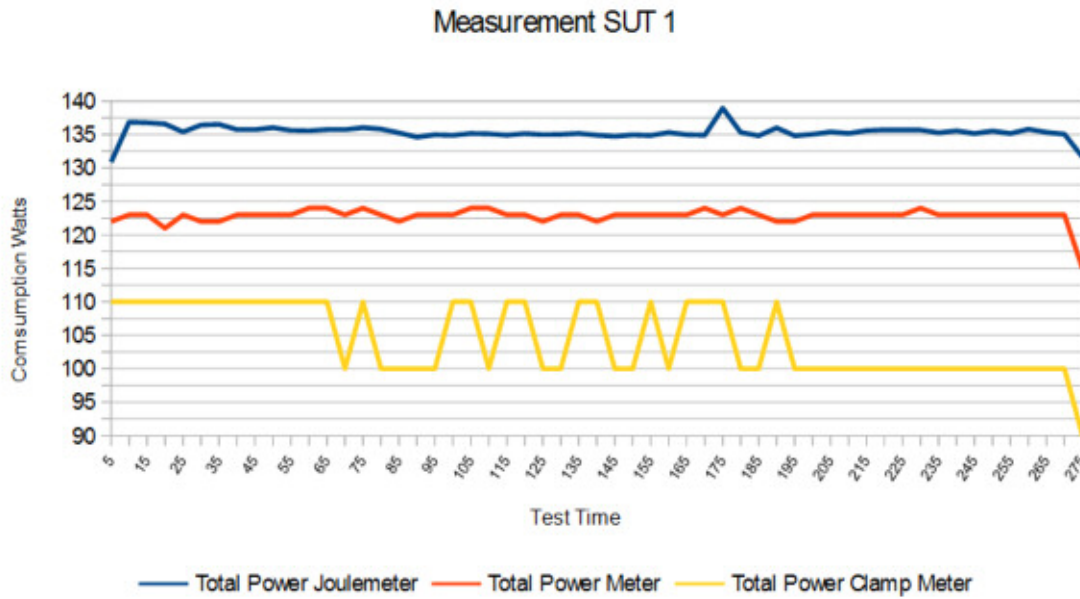


Gráfico 30 – Medição do caso de teste 3 B no SUT1 utilizando três recursos distintos (Fonte Própria)

Debate de Resultados

O ambiente de *hardware* onde se executa um *software* influencia muito o consumo energético. Esta é uma das primeiras evidências que podemos indicar como resultado dos testes executados. Em todos os casos executados no SUT 1 por oposição ao SUT 2, verificamos que o consumo energético global **foi sempre superior** (valor médio de 1140%). Esta constatação só vem confirmar porque é a engenharia de *hardware* é a que vai à frente na urgência de encontrar tecnologias mais eficientes energeticamente, situação já longamente abordada em capítulos anteriores, e que se confirma na prática.

Por outro lado, e apesar de receber mais energia, nem sempre o SUT 1 foi mais rápido na execução dos casos de testes, em particular naquelas que interagiram com uma GUI (CT 1 e 2). Quer isto também dizer que nos casos de teste 3 e 4, apesar do SUT2 ter utilizado mais tempo a processar dados, ainda assim consumiu menos energia.

Variável	Caso de Teste	SUT 1	SUT2	Variação
Consumo Energético Total (Ws)	1 A	8278	334	-2378%
Tempo de Execução do CT (s)		59	20	-195%
Consumo Energético Total (Ws)	1 B	1878	195	-863%
Tempo de Execução do CT (s)		11	11	0%

Consumo Energético Total (Ws)	2 A	13100	532	-2362%
Tempo de Execução do CT (s)		99	33	-200%
Consumo Energético Total (Ws)	2 B	2127	149	-1328%
Tempo de Execução do CT (s)		14	8	-75%
Consumo Energético Total (Ws)	3 A	1555	258	-503%
Tempo de Execução do CT (s)		11	16	31%
Consumo Energético Total (Ws)	3 B	37330	7312	-410%
Tempo de Execução do CT (s)		275	476	42%
Consumo Energético Total (Ws)	3 C	52462	9712	-440%
Tempo de Execução do CT (s)		381	635	40%
Consumo Energético Total (Ws)	4 A	355	49	-625%
Tempo de Execução do CT (s)		2	2	0%
Consumo Energético Total (Ws)	4 B	4134	748	-453%
Tempo de Execução do CT (s)		29	47	38%

Tabela 10 – Comparação entre totalizadores de variáveis tempo de teste e consumo energético entre SUT 1 e 2

SUT	Custo Teste	Consumo Energético Total			
		Min (Ws)	Max (Ws)	Δ (Ws)	Δ %
1	1	1878	8278	6400	341%
2		195	334	139	71%
1	2	2127	13100	10973	516%
2		149	532	383	257%
1	3	1555	52462	50907	3274%
2		258	9712	9454	3664%
1	4	355	4134	3779	1065%
2		49	748	699	1427%

Tabela 11 – Comparação entre, os totais mínimo e máximo, do consumo energético nas SUT 1 e 2, para cada caso de teste

O resultado do caso de teste 1B é interessante pois em ambos os SUT demorou 11 segundos a ser executado (ver tabela nº10), porém e confirmando o já indicado, o SUT2 utilizou (-)863% das necessidades energéticas face ao consumo apurado no SUT1.

Já no caso de teste 3, do ponto de vista de consumo energético, fica comprovado um paradigma devastador, para uma mesma funcionalidade, como por exemplo a resolução do problema *InverteHex* (CT 3), e independentemente do *hardware* utilizado (ver tabela nº11), pelo facto de cada ser humano programar de forma diferente pode-se provocar um consumo energético desnecessário na ordem de 38 vezes mais como é demonstrado no gráfico nº31 (CT 3C – SUT 2 = 258 Watts-segundo versus CT 3A SUT 2 = 9712 Watts-segundo).



Gráfico 31 – Avaliação do Caso de Teste 3, em que o caso A por ser o mais baixo é usado como referência para o B e C (Fonte Própria)

A situação aparenta não ser tão gravosa quando apenas há problemas com a execução do *software*, ou seja, não é o algoritmo em si próprio que é mau, apenas o software encontra ineficiências, ou pequenos bugs que não sendo totalmente impeditivos para apurar um resultado válido fazem com que a diferença máxima ao nível do consumo encontrado seja um pouco mais de 6 vezes face ao consumo tido como o mais baixo, como está representado nos gráficos nº32 e 33 (CT 2A SUT 1 = 13100 Watts-segundo versus CT 2B SUT1 =2127 Watts-segundo).

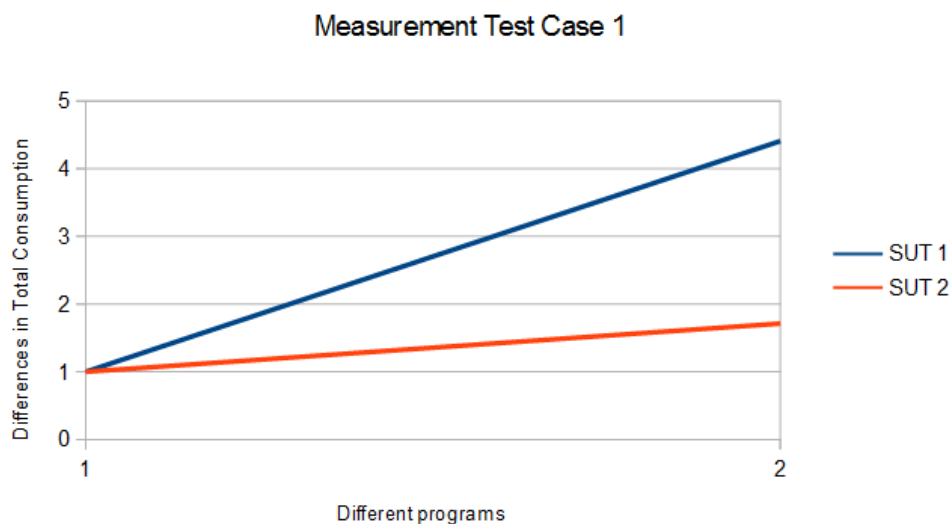


Gráfico 32 – Avaliação do Caso de Teste 1, em que o caso B (1) por ser o mais baixo é usado como referência para o A(2) (Fonte Própria)

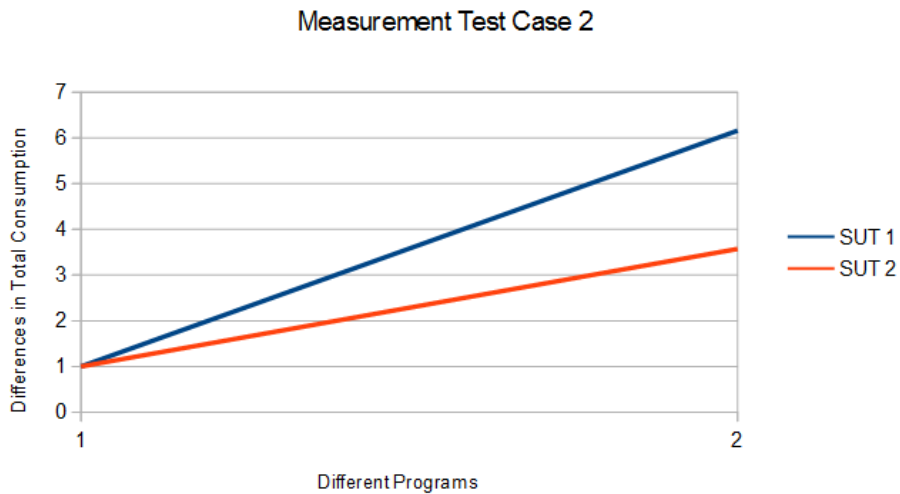


Gráfico 33 – Avaliação do Caso de Teste 2, em que o caso B (1) por ser o mais baixo é usado como referência para o A (2) (Fonte Própria)

Porém, quando a situação de erro não devolve um resultado válido ou não devolve sequer nenhum resultado, e todo o processamento e energia gasta foi para “o vazio” então o custo é sempre considerado alto, independentemente do valor (absoluto) obtido (ver gráfico nº34).

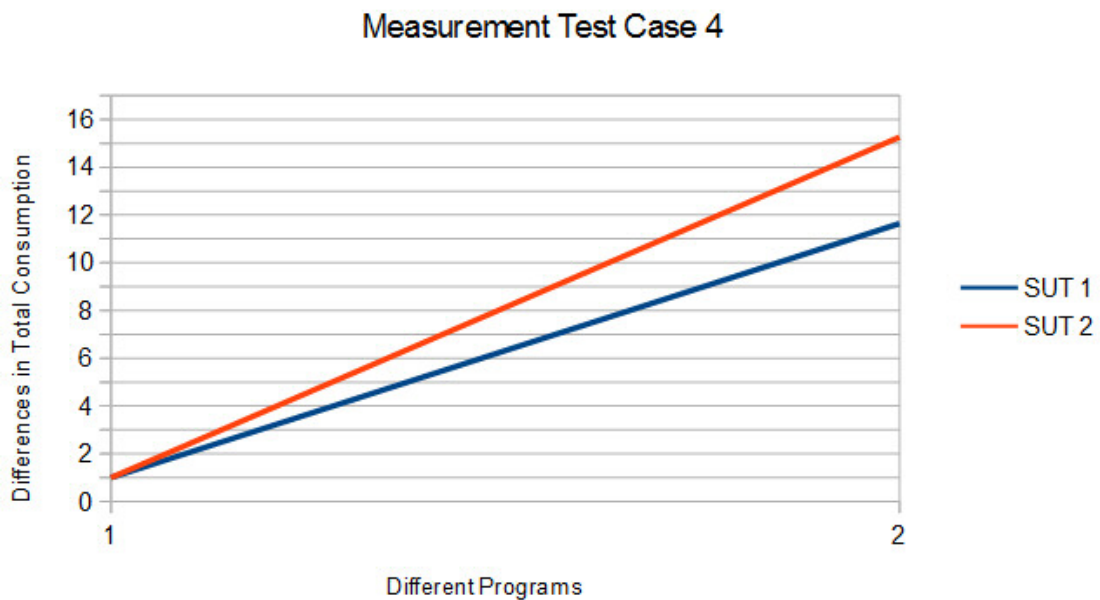


Gráfico 34 – Avaliação do Caso de Teste 4, em que o caso A (1) por ser o mais baixo é usado como referência para o B(2) que não devolve um resultado válido (Fonte Própria)

Interpretação Resultados

Os resultados, na sua globalidade, demonstram três situações:

1. O consumo energético é totalmente dependente da qualidade do código fonte em que está assente, ou seja, à forma como o programa foi construído/desenvolvido.
2. Um *software* com problemas ou pequenos erros provoca um aumento no consumo energético mas o seu impacto é menor que um software que não tenha o seu código fonte otimizado,
3. Um *software* que apresente erros que provoquem o colapso do programa, ou que não consiga devolver resultados válidos, apresenta um duplo problema: não só consome mais que o programa considerado “padrão” como após esse consumo e o esforço de energia gasto, o processamento foi em vão.

Noutra perspetiva, e recuperando parte do conteúdo da entrevista recolhida na Mota-Engil ITS, em que foi referido que pequenas variações de consumo energético na ordem de 2 Wp podem provocar problemas ao nível da manutenção de energia num hipotético posto SOS nas autoestradas, e comparando com o pior cenário encontrado nos testes executados, isto é, a diferença entre o *software* A e B ser 38 vezes mais e representando um valor absoluto de 9454Ws⁵⁵, então fica claramente demonstrado que deve passar a ser Requisito a quantidade máxima de energia que um *software*/funcionalidade pode provocar num sistema computacional para, tendo esse ponto de referência, perceber quanto nos estamos a desviar (do cenário pensado como ideal).

Trabalhando ainda sob o pior cenário encontrado pode-se estimar que 50 utilizações por cada um de 1446 utilizadores⁵⁶ deste *software* com o algoritmo não otimizado, dava para pagar 1 hora de testes de software (25€/h). No caso dos erros de *software* que sejam

⁵⁵ SUT 2, em que CT 3A consumiu 258 Watts-segundo e o CT 3C 9712 Watts-segundo.

⁵⁶ $(25€/h * 1h) = (([(9454Ws) / 3600000] * 0,1317 €/kWh) * 50 utilizações * 1446 utilizadores)$

$\Leftrightarrow 25 € = 25 €$

totalmente impactantes, isto é, façam com que o *software* devolva um resultado erróneo ou o sistema deixe de funcionar parando compulsivamente, considerando também o pior cenário de 699 Ws⁵⁷ de consumo desperdiçado, e não tendo em conta o valor energético para arrancar novamente o programa de software, serão necessárias 50 utilizações por cada utilizador num universo de 19.553, para compensar o teste de software. Pode até parecer que os valores são difíceis de alcançar mas de facto não são: depende sempre do número de utilizações/utilizadores que se perspetiva a que o *software* venha a ter ao longo do seu ciclo de vida.

Por fim, e como evidência não procurada deste trabalho de pesquisa, pode-se afirmar que o teste ao consumo energético de *software* (TCES) pode ainda ser utilizado para escrutinar qual o *hardware* mais indicado para operar com menor consumo energético.

Proposta Adicional

Por tudo o que foi exposto até aqui fica evidente que os *softwares* deveriam indicar ao utilizador final um “novo” requisito, isto é, o consumo de energia associado a uma unidade de tempo. Isto assume particular importância para os utilizadores diários na indústria ou na prestação de serviços.

Poderiam, aliás, ser introduzidos valores de referência para determinadas operações. Existindo esses valores de referência para o consumo energético poder-se-ia fazer uma associação a uma escala visual o que aumentaria o seu interesse prático e público (tal como acontece, por exemplo no caso do “semáforo nutricional” – ver figura nº74).



Figura 74 – Semáforo nutricional⁵⁸

⁵⁷ SUT 2, em que CT 4A consumiu 49 Watts-segundo e o CT 4B 748 Watts-segundo.

⁵⁸ Fonte: <http://www.idec.org.br/ckfinder/userfiles/images/172-semaforo-02-gde.jpg>

Autocrítica e Constrangimentos Verificados

Apesar de estarmos sempre focados nas virtudes do TCES, é importante percebermos algumas limitações do procedimento aqui apresentado.

A Forma de Utilizar *Software*

Existem, desde logo, três fatores importantes na evolução da atualidade que podem tornar inválida e/ou insuficiente a adoção do procedimento aqui exposto.

O primeiro motivo é que a miniaturização dos equipamentos portáteis e mesmo o uso de dispositivos móveis em vez de “desktop/portáteis” tornará, progressivamente, as medições físicas mais difíceis de fazer, ainda que se melhore o *software* de simulação do consumo.

O segundo motivo é que a indústria de *software* exatamente porque os dispositivos móveis estão a invadir o espaço que anteriormente era utilizado por “computadores” (parte do primeiro argumento), estão também a apostar num desenvolvimento do tipo SaaS (*Software as a service*), pelo que para além de se suportarem no SO, utilizam uma segunda camada aplicacional que é o *browser*. Ora já existe o debate sobre se é válido ou não medir o processo (executável) do programa ou então medir o programa na plataforma que lhe dá as ferramentas de intermediação com o *hardware*, ou seja o SO. Se introduzirmos mais um intermediário, certamente que o debate aumentará assim como a incerteza no que realmente estamos a medir.

O terceiro motivo, é que o uso crescente da virtualização de SO (exp. VMware⁵⁹, Virtual box⁶⁰, etc.), como demonstra a figura nº75, torna quase impossível perceber quem é que consome o quê. Ou seja, a partir do momento em que criamos *hardware* virtual (para aumentar ou diminuir potencialidades) há uma desmaterialização de quem é que afinal está a consumir energia, se é o SO base que suporta a aplicação que está a virtualizar, se é o SO

⁵⁹ Fonte: <http://www.vmware.com/>

⁶⁰ Fonte: <https://www.virtualbox.org/>

que está dentro da virtualização, se a aplicação que está dentro da virtualização apoiada por esse SO também virtual.

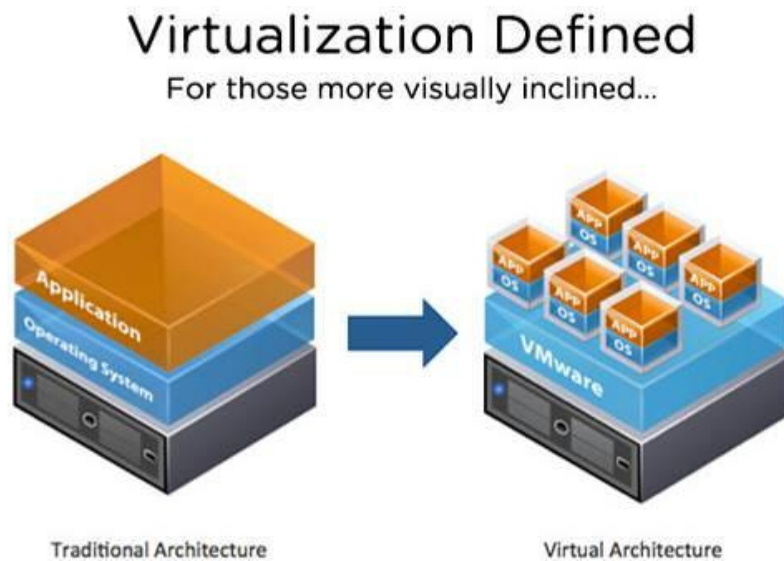


Figura 75 – Definição em imagens do que é virtualização ⁶¹

A Capacidade Instalada de Hardware

Um debate que não foi profundamente discutido, no capítulo do estado de arte de eficiência energética foi “como devem os sistemas utilizar a capacidade instalada”. Se recordarmos Stemen (2008) ele fala-nos no procedimento *race to sleep* e de como este nos seus testes demonstrou ser o melhor. Mas será de facto? Pensemos utilizando a seguinte linha de raciocínio: “se um computador pode atingir um consumo máximo porque evitá-lo? Se um carro for do destino A a B, e tiver a capacidade instalada de ir a 200 km/h porque viaja apenas a 90km/h?” Para poupar recursos prefere ir a uma velocidade constante, sendo que o fator que aumenta é o tempo. Complicando um pouco mais, se o carro for uma ambulância em serviço de urgência (e levar um paciente em que a morte é uma questão de tempo), então temos de perceber quanto vale o fator “tempo”.

⁶¹ Fonte: <http://www.vmware.com/files/images/diagrams/vmw-virtualization-defined.jpg>

Instrumentação de Medição

No âmbito das medições, existem quatro fatores que também devem ser refletidos:

- O primeiro é que a medição é feita por um ser humano, logo a existência de erros, por muito irrelevantes que os ensaios possam ser, estará sempre presente. Tomemos por exemplo o início de cada ensaio em que o tester tem de iniciar em simultâneo o cronómetro, a medição e também o programa alvo de teste (ver as figuras nº76 e 77). Tomemos ainda o exemplo nesta área que é garantir que o sistema tem, de facto, todos os serviços de *back-end* parados. Para uma grande parte dos serviços que correm em *back-end* num SO não há informação disponível do que fazem ou quando interagem, pelo que controlar o comportamento do CPU durante 2 minutos antes de cada ensaio para tentar que o sistema se aproxime do valor CMiEG pode não ser suficiente.
- A segunda crítica no âmbito das medições é que o Joulemeter foi construído para medir programas para SO Windows® 7, pelo que apesar de em (2014) ter a maior quota de mercado, vai ter o suporte técnico de *mainstream* descontinuado em Janeiro de 2015, e totalmente em Janeiro 2020⁶². Ainda assim, poderá ser executado nos novos Windows em modo e compatibilidade, mas é necessário um programa alternativo que permita a medição nos novos SO Windows® de raiz. Ainda em referência à escolha do Joulemeter, por oposição não foi indicada nenhuma alternativa simulada para os outros tipos de SO.
- A terceira crítica, está relacionada com a igualdade dos dados, independentemente da forma como forem apurados (existem 3 opções), em particular para o valor CMaEG. Tomemos por exemplo o uso do Joulemeter com uma calibração manual *versus* o wattímetro ou o pior dos casos que é a pinça amperimétrica. Os resultados para o pico de consumo são díspares na ordem de 25 a 30 Watts, em excesso para o Joulemeter.
- Por último, a quarta crítica tem a ver com o apuramento do CMiEG manual. Isto porque se for apurado o valor CMiEG sem wifi, mas os testes tiverem a ser executados com o wifi ligado, mesmo que o programa não o utilize, o sistema nunca irá para os picos de processamento apurados no mínimo possível, pois as condições não são iguais. Assim,

⁶² Fonte: <http://windows.microsoft.com/en-us/windows/lifecycle>

apesar de ser importante validar a amplitude máxima de consumos possível, o CMiEG acaba por ser o valor a “frio” do sistema, e não o valor mínimo possível.



Figura 76 – Apuramento simulado e real do consumo energético de um SUT, em Watt. (Fonte Própria)

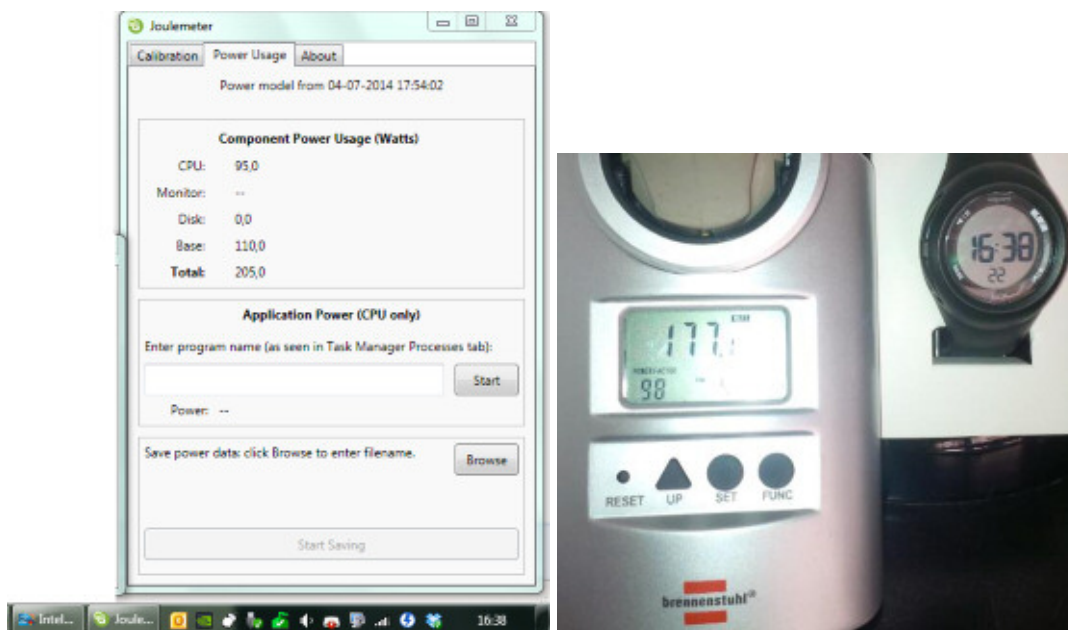


Figura 77 – Apuramento simulado e real do consumo energético de um SUT, para uma operação de pico, em Watt. (Fonte própria)

Dificuldade da Medição Manual

Apesar de a medição manual ser fortemente defendida, em comparação com o processo simulado porque os valores são apurados exteriormente ao SUT (o que faz com que não haja interferência na capacidade de processamento do SUT), confirmou-se que este processo é mais impreciso. Esta imprecisão pode ser decomposta em várias origens: 1) a contabilização é feita por um ser humano que tem um tempo de reação face à própria passagem do tempo e demora outro tempo a fazer o registo; 2) o facto de o espaçamento de cinco segundos ser o mais adequado para a velocidade “humana” mas não para a velocidade de processamento quando os testes são de processamento rápido; 3) a não contabilização dos valores decimais do consumo energético.

Problemas Conhecidos da Medição Automática

Existem três problemas relacionados com a medição automática:

- 1) A captura de dados utilizando a capacidade de processamento, que deveria estar unicamente alocada à realização de determinada tarefa em teste, desvirtua o consumo, pois está a contaminar a auscultação do consumo (em particular o do processador). Porém, pelo facto do consumo energético por parte desta aplicação de apoio ser constante, pode ser manualmente descontado.
- 2) A tarefa/*software* em teste e o programa de apoio para a medição são concorrentes à capacidade instalada de processamento. Nesta dissertação a grande maioria dos testes executados tiveram necessidades de processamento muito superiores aos dos programas de apoio. Porém, denota-se que, quando o processador é mais “fraco”, nas folhas de cálculo (ficheiros “.csv”) output os valores de medida têm linhas de segundos em falta. Ou seja, o processo de recolha de dados é tanto ou mais conflituante com a operação, quanto menor for a capacidade de processamento global do sistema. A solução utilizada para contornar esta dificuldade foi copiar o resultado apurado no segundo anterior, sendo que não foram aceites folhas de cálculo com mais de 50% do tempo em falta.

3) O *software* HWiNFO32 mede aquilo que o *hardware* permite. Ou seja, o *software* é dependente da tecnologia de *hardware* existente ao nível dos sensores. Isto é, pode acontecer num SUT existirem sensores de temperatura para a placa gráfica e noutro não.

Preparação do Ambiente de Teste

Durante a investigação, para recriar determinadas situações de teste, em particular as orientadas ao erro, foi perceptível que no contexto profissional será impossível contratar apenas uma hora de testes. Como exemplo pode-se referir que a recolha dos dados do SUT demorou em média 2 horas por cada SUT, pelo que deve ser um procedimento facultativo, ou então tão genérico quanto possível. Compreende-se que esta situação dificulta depois a reprodução por terceiros dos resultados alcançados mas se os testes forem para consumo interno de um qualquer cliente e/ou mesmo no fabricante de *software* de uma forma continuada no tempo, e sempre com características de hardware mais ou menos fixas, acredita-se que não será um obstáculo.

Nos testes executados utilizou-se também o recurso a *sites* on-line. Ora como é sabido os *sites* são mutáveis ao instante, pelo que o comportamento verificado no instante x pode não ser o verificado no instante $x+1$. Podíamos ainda considerar a mutação da qualidade da ligação à internet. Para contrapor possíveis aspetos destas duas críticas foi tentado fazer uma cópia de um *site* para o ambiente local, e tentou-se que o seu carregamento localmente acontecesse num *browser* a uma velocidade imposta. Acontece que montar esta logística num dos exercícios demorou-se mais de 2 horas, pelo que não sendo o foco deste estudo considerou-se dispensável documentar e tornar padrão tal procedimento complexo e consumidor de tempo.

Por último, é assumido que na preparação dos casos de teste com recursos a *browser* os *add-on* instalados podem conter pequenas diferenças na versão instalada e/ou nos parâmetros configurados.

Os Pressupostos da Fórmula do Ponto de Viabilidade Económica

Uma crítica que pode ser feita à fórmula do Ponto de Viabilidade Económica é pelo facto desta só estar a considerar o custo do tester e não o custo do *refactoring* do código fonte por parte de um programador. Ora, a fórmula foi pensada com base numa maioria da realidade empresarial portuguesa (de 2014) conhecida deste autor, em que sempre que há cortes no orçamento de projetos ou quando existem novos projetos em que é necessário baixar o preço do seu desenvolvimento do *software*, os elementos sacrificados são os testers. Infelizmente o tester é visto ainda, na minha estrita opinião, como o elemento facultativo da operação de desenvolvimento de *software*, ainda que a sua presença seja desejável. Assim, a fórmula visa demonstrar especificamente que o tester é sempre necessário, e que a relação custo/benefício é real e calculável.

Uma crítica implícita na anterior é que o processo de *refactoring* do *software* pode de facto não desenvolver melhorias ao nível do consumo energético do *software*. O custo energético em excesso é, portanto, uma perda potencial, sobre a qual não podemos antever a sua amplitude com exatidão, e dessa forma considerar a viabilidade de ser benéfico ou não em termos de ganhos. Ainda assim a experiência dos vários estudos recolhidos, como por exemplo o revelado por Mämmelä et al. (2011) e dos ensaios realizados, confirmou sempre a possibilidade de melhoria no consumo energético.

Preocupação Ambiental será uma Causa de Todos?

Uma das premissas base da dissertação foi que as organizações (empresas ou não) se preocupam com o ambiente, nomeadamente com a sustentabilidade ambiental, ou em alternativa a sociedade está coletivamente a impor essa obrigação, na medida em que a consciencialização pública face ao problema aumenta, logo as empresas têm de demonstrar preocupação igual, seja por via do marketing ambiental, seja com o concretizar de ações efetivas (exp. campanhas de florestação de sítios atingidos pelos incêndios).

Contudo, o custo financeiro derivado do consumo desnecessário de energia para a operação do *software*, pode não estar na grande maioria a ser pago pelas organizações mas sim pelos utilizadores individualmente enquanto consumidores. Quer isto dizer, que apesar de ser confirmada a viabilidade económica para a realização dos testes, pelo facto dessa vantagem monetária vir sobressair na fatura do utilizador (ou cliente) e não diretamente na organização (ou empresa) desenvolvedora do *software*, faz com o benefício também não seja direto, logo de menor apetência (com a devida exceção para as empresas que detêm todo o ciclo de negócio). Ainda assim, é de referir, como contraponto a este contraponto, que basta reconhecermos que na atualidade os consumidores no processo de aquisição de eletrodomésticos valorizam a escala de eficiência energética e os fabricantes utilizam a mesma para diferenciarem os produtos entre si.

O Hardware Informático com Demasiadas Escolhas

Na proposta apresentada, em que se propõe que os testes ao consumo energético do *software* possam ser utilizados numa perspetiva de atribuição de uma classe energética, existe um problema sempre presente e que é a base comparativa de *hardware*. Ora definir um padrão de *hardware* poderá ser complicadíssimo entre os principais fabricantes de *software*. Implicaria escolher um padrão, e escolher um padrão colocaria fornecedores de *hardware* equiparados em níveis, facto que comercialmente não querem e que pode mesmo ser visto pelas autoridades que vigiam a concorrência uma constituição de cartel. O problema “das demasiadas escolhas” é aliás algo que o SO móvel Android bem conhece.

Neste sentido, a estratégia focada do desenvolvimento de *software* para plataformas de videojogos é bem mais realista, pois o *hardware* é constante ao longo de um considerável período de tempo, e que pode chegar até perto de 10 anos.

CAPÍTULO IX – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstra que apesar do *software testing* ser uma profissão nova, esta já se importa com a causa ambiental, podendo contribuir ativamente para um futuro mais sustentável. Importa, naturalmente, que cada um destes novos profissionais esteja suficientemente sensibilizado para o tema em questão. Por sua vez, a contribuição para a causa ambiental promove também o surgimento um novo ramo de especialização na profissão, o que irá criar novas oportunidades de trabalho ajudando assim ao restabelecimento sustentável da nossa sociedade combatendo o flagelo social do desemprego.

Do ponto de vista global, fica comprovado que a resposta do *software testing* ao desperdício energético gerado pelo *software* concede uma resposta positiva promovendo a melhoria de desempenho energético. Todavia, sendo o processo de consumo de energia pelo *software*, algo que não é fácil de entender pode o procedimento simplificar-se e libertar-se de certos protocolos rígidos como são as ISO ou outros regulamentos.

Apresentou-se neste trabalho um processo que, sendo simples e de fácil replicação, não passa por cima dos padrões mínimos de detalhe, e que permite comprovar cientificamente, em momento posterior todo o processo, a sua fiabilidade.

Em termos de resultados dos ensaios feitos, consegue-se concretizar as técnicas sugeridas, e confirma-se que há um aproveitamento indubitável do tempo despendido nos testes pois são estabelecidos padrões de consumo e tendências que demonstram a assertividade ou não dos *softwares* em análise.

Por último, refere-se que este trabalho tem ligação com o mundo real pois a apresentação de um caso prático onde cada Watt conta, comprova que haverá muitos setores de atividade humana e em zonas geografias menos abonadas, onde se pode fazer mais ou chegar a mais pessoas, com a mesma quantidade de energia já aí existente, contribuindo assim para que as sociedades deem o salto para uma vivência mais digna e mais feliz sem esquecer ninguém, nem o ambiente.

BIBLIOGRAFIA (S) / REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

About.com, “Total Number of iPods Sold All-Time”, 2013. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://ipod.about.com/od/glossary/qt/number-of-ipods-sold.htm>

AEA – Agência Europeia do Ambiente, “Alterações climáticas”, 2014. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.eea.europa.eu/pt/themes/climate/intro>

Alonso, Pedro; Dolz, Manuel; Mayo, Rafael; Quintana-Ortí; Enrique (2012) “Modeling Power and Energy of the Task-Parallel Cholesky Factorization on Multicore Processors” EnA-HPC Conference 2012, Hamburgo, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.ena-hpc.org/2012/talks/dolz-slides.pdf>

AMD – Advanced Micro Devices, Inc. (11/2000), “AMD PowerNow!™ Technology Dynamically Manages Power and Performance”, Informational White Paper, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.amd-k6.com/wp-content/uploads/2012/07/24404a.pdf>

AMD – Advanced Micro Devices, Inc. (2008), “Energy-efficient AMD Desktop Processors - A REAL-WORLD ANALYSIS OF POWER USAGE”, Brochure, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.asipartner.com/LinkClick.aspx?fileticket=ZsFey9SvQYk%3D&tabid=351&mid=1102>

Associação O Eco, “O que é o Efeito Estufa”, 21/10/2013. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/27698-o-que-e-o-efeito-estufa>

Blatt, Michael (2008), “Green Computing and Performance Testing: A New Paradigm?”, SQS Performance Testing Competency Centre [Consultado em Outubro 2013]. Disponível em URL: http://www.sqs.com/en/se/Download/SQS_RI_Green_Computing.pdf

Brennan, John (2008) [<https://www.linkedin.com/in/johnsbrennan>] “Red Hot Testing in a Green World”, The Hague, AppLabs”, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.slideshare.net/jsb1976/AppUK-Red-Hot-Testing-in-a-Green-World-V106-Animation>

Buildcomputers.net, 2014, “Power Consumption of PC Components in Watts”, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.buildcomputers.net/power-consumption-of-pc-components.html>

Damáσιο, Manuel José, “Tecnologia e Sociedade: a modelação social das tecnologias da informação e da comunicação”, in capítulo do livro Cultura Digital e Cidadania, Caderno Gris, Madrid, Espanha (no prelo). 2004. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: http://maus.ulusofona.pt/PAPERS_Maus_61029/MJD_livroespanha.pdf

Dick, Markus; Naumann, Stefan; Kuhn, Nobert (2010) “A Model and Selected Instances of Green and Sustainable Software”, Trier University of Applied Sciences Environmental Campus Birkenfeld – Institute for Software Systems Germany [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.green-software-engineering.de/images/publications/a%20model%20and%20selected%20instances%20of%20sustainable%20software%20-%20notes%20web.pdf>

Dick, Markus; Kern, Eva; Drangmeister, Jakob; Naumann, Stefan; Johann, Timo (2011) “Measurement and Rating of Software-induced Energy Consumption of Desktop PCs and Servers”, Trier University of Applied Sciences Environmental Campus Birkenfeld – Institute for Software Systems Germany [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.green-software-engineering.de/images/publications/measurement%20of%20software-induced%20energy%20consumption%20web.pdf>

ENA-HPC – Energy-Aware High Performance Computing (2014) “International Conference on Energy-Aware High Performance Computing – 2010” [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.ena-hpc.org>

Engadget International Editions - AOL Inc, “Apple: 26 million copies of Lion OS sold, 66 million Mac users”, 2012/06/11. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.engadget.com/2012/06/11/apple-26-million-copies-of-lion-os-sold-66-million-mac-users/>

Engadget International Editions - AOL Inc, “Tim Cook: 28 million copies of Mountain Lion shipped, more than any other Mac release”, 2013/06/10. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.engadget.com/2013/06/10/tim-cook-28-million-copies-of-mountain-lion-shipped/>

Engadget International Editions - AOL Inc, “Apple's WWDC 2014 in numbers: 40 million on Mavericks, 800 million iOS devices and billions of apps”, 2014/06/02. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.engadget.com/2014/06/02/apples-wwdc-2014-in-numbers-40-million-on-mavericks-and-more/>

Global Health Observatory (GHO), 2014, “Urban population growth”, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: http://www.who.int/gho/urban_health/situation_trends/urban_population_growth_text/en/

Gore, Al “A Nossa Escolha – Um Plano para Resolver a Crise Climática”, 1ª Edição, Esfera do Caos Editores, (Novembro de 2009)

GreenSoft – Green Software Engineering (2014) “Project – Green Software Engineering” [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.green-software-engineering.de/en/project.html>

Hilty, Lorenz M.; Aebischer, Bernard; Andersson, Göran; Lohmann, Wolfgang (2013) “ICT4S – Proceedings of the First International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainability”, Zurique, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:6558/eth-6558-01.pdf>

Intel Corporation, “Enhanced Intel SpeedStep® Technology - How To Document”, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.intel.com/cd/channel/reseller/asm-na/eng/203838.htm#overview>

ISO/IEC 14756:1999(E) – “Measurement and Rating of Performance of Computer-based Software Systems”

International Software Testing Qualifications Board (Abril, 2011), “Syllabus Foundation - Programa de Certificação de Testador (Tester) de Nível Foundation” [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: http://www.pstqb.pt/ficheiros/PSTQB_SyllabusFoundation_v2011.pdf

International Telecommunication Union (Abril 2014), “The World in 2014 – ICT Facts and Figures”, Geneve, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2014-e.pdf#search=ALL%28indicators%20people%20using%20ICT%202014%29%20%28DetectedLanguage%3D%22en%22%29>

Knobloch, Michael; Foszczynski, Maciej; Homberg, Willi; Pleiter, Dirk; Böttiger, Hans (2013) “Mapping Fine-Grained Power Measurements to HPC Application Runtime Characteristics on IBM POWER7”, EnA-HPC Conference 2013, Dresden, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.ena-hpc.org/2013/pdf/06.pdf>

Kansal, Aman; Goraczko, Michel; Liu, Jie; Zhao, Feng (2010) “JouleMeter: Computational Energy Measurement and Optimization”, Microsoft Research, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://research.microsoft.com/en-us/projects/joulemeter/>

Mämmelä, Olli, Majanen, Mikko, Basmadjian, Robert, De Meer, Hermann, Giesler, André, Homberg, Willi (2011) “Energy-aware job scheduler for high-performance computing” EnA-HPC Conference 2011,

Hamburgo, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.ena-hpc.org/2011/talks/mammela-slides.pdf> e URL: <http://www.cs.ucc.ie/~gprovan/CS6404/2012/energy-aware-HPC-sim2011.pdf>

Minartz, Timo, Kunkel, Julian, Ludwig, Thomas (2010) “Simulation of Power Consumption of Energy Efficient Cluster Hardware”, EnA-HPC Conference 2010, Hamburgo, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: http://www.ena-hpc.org/2010/talks/EnA-HPC2010-Minartz-Simulation_of_Power_Consumption_of_Energy_Efficient_Cluster_Hardware.pdf

Myers, Glenford J.; Badgett, Tom; Sandler, Corey (2012) “The Art of Software testing”, 3ª Edição, Esfera John Wiley & Sons, Inc, (United States of America)

Molka, Daniel, Hackenberg, Daniel, Schöne, Robert, Minartz, Timo, Nagel, Wolfgang (2011) “Flexible Workload Generation for HPC Cluster Efficiency Benchmarking”, EnA-HPC Conference 2011, Hamburgo, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.ena-hpc.org/2011/talks/molka-slides.pdf>

Nunes, Flávio (2007), “TIC's, espaço e novos modos de trabalho em Portugal: usos do espaço e do tempo em contextos de teletrabalho”, Universidade do Minho, Braga, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://hdl.handle.net/1822/6904>

Oed, Wilfried (2011) “Energy Efficiency Metrics and Cray XE6 Application Performance” Cray – The Computer Company, EnA-HPC Conference 2011, Hamburgo, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.ena-hpc.org/2011/talks/oed-slides.pdf>

Penzenstadler, Birgit; Tomlinson, Bill; Richardson, Debra (2012) “RE4ES: Support Environmental Sustainability by Requirements Engineering.”, International Workshop on "Requirements Engineering for Sustainable Systems", [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: https://sustainability.wiki.tum.de/file/view/preview_EnviroSiSE_Penzenstadler_re4susy.pdf

Ren, Daqi; Suda, Reiji (2011) “Analysis and Optimization of the Power Efficiency of GPU Processing Element for SIMD Computing”, Universidade de Tóquio, EnA-HPC Conference 2011, Hamburgo, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.ena-hpc.org/2011/talks/ren-slides.pdf>

Rocio, Vítor, 2010, “Tecnologias da comunicação e informação”, Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/1586>

Semin, Andrey (2011) “HPC systems energy efficiency optimization thru hardware-software co-design based on Intel technologies”, Intel, EnA-HPC Conference 2011, Hamburgo, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.ena-hpc.org/2011/talks/semin-slides.pdf>

Semin, Andrey; Cornelius, Herbert (2013) “Considerations and Opportunities for Energy Efficient High-Performance Computing”, Intel Corporation, EnA-HPC Conference 2013, Dresden, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.ena-hpc.org/2013/pdf/intel.pdf>

Steigerwald, Bob, Chabukswar, Rajshree, Krishnan, Karthik, De Vega, Jun (2007). “Creating Energy-Efficient Software”, Working Paper. Intel Corp. Centre [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: https://software.intel.com/sites/default/files/m/d/4/1/d/8/creating_energy-efficient_software.pdf

Stemen, Pat (2008), “Extending Battery Life With Energy Efficient Applications” Microsoft Corporation, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://channel9.msdn.com/Blogs/pdc2008/PC02>

Stern, Nicholas “O desafio global – como Enfrentar as Alterações Climáticas criando uma nova Era de Progresso e Prosperidade”, 1ª Edição, Esfera do Caos Editores (Junho de 2009)

Surgiu Empreendimentos Publicitários LTDA, “TAM compra 100 mil créditos de carbono para compensar emissões de voos na Copa. Dentre as empresas fornecedoras está a Cerâmica Milenium”, 18/06/2013. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://surgiu.com/n/159229>

The International Energy Agency (IEA), “KWES2013-Key World Energy Statistics 2013”, Paris, 2013 [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL:<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>

The International Energy Agency (IEA), “SRWEIO 2014 – Special Report: World Energy Investment Outlook”, Paris 2014, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL:<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEIO2014.pdf>

Tiana, Juha (Outubro 2011), “Good, Bad, and Beautiful Software – In Search of Green Software Quality Factors”; Green ICT: Trends and challenges; [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL:http://www.cepis.org/upgrade/media/taina_2011_41.pdf

TPC – Transaction Processing Performance Council (2010) “Transaction Processing Performance Council Announces First Results for its TPC-Energy Specification”, San Francisco, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.tpc.org/information/press/tpcpress20100707.asp>

U.S. Department of Energy, “The War of the Currents: AC vs. DC Power”, November 20, 2013. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL:<http://energy.gov/articles/war-currents-ac-vs-dc-power>

United Nations – General Assembly, 20/12/2010, “A/RES/65/151”, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL:http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/65/151

United Nations – General Assembly, 20/03/2013, “A/RES/67/215”, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.se4all.org/wp-content/uploads/2014/06/N1249150.pdf>

United Nations – Millennium Development Goals, 2014, “The Millennium Development Goals Report - 2013”, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL:http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/report-2013/mdg-report2013_pr_global-english.pdf

Wilde, Torsten; Auweter, Axel; Shoukourian; Hayk (2013) “The 4 Pillar Framework for Energy Efficient HPC Data Centers” Leibniz Supercomputing Centre of the Bavarian Academy of Science – BAdW-LRZ, EnA-HPC Conference 2013, Dresden, [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://www.ena-hpc.org/2013/pdf/09.pdf>

Wikipédia – Enciclopédia Livre, “Efeito Estufa”. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL:http://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_estufa

Wikipédia – Enciclopédia Livre, “Sistema operativo”. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_operacional

Wikipédia – Enciclopédia Livre, “Software”. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Software>

Wish, Valdis (2009) “O futuro é urbano” 18/06/2013. [Consultado a 26 Outubro 2014]. Disponível em URL:<http://sustentabilidade.allianz.com.br/demografia/urbanizacao/?228/O-futuro-e-urbano>

Anexo I

Fonte: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/definitions/regions.aspx>

(consultado a 24/06/2014)

ITU BDT Regions, corresponding to the regional grouping of the ITU's Telecommunication


Development Bureau

<u>Africa</u>	<u>The Americas</u>	<u>Arab States</u>	<u>Asia & Pacific</u>	<u>CIS</u>	<u>Europe</u>
Angola	Antigua & Barbuda	Algeria	Afghanistan	Armenia	Albania
Benin	Argentina	Bahrain	Australia	Azerbaijan	Andorra
Botswana	Bahamas	Comoros	Bangladesh	Belarus	Austria
Burkina Faso	Barbados	Djibouti	Bhutan	Georgia	Belgium
Burundi	Belize	Egypt	Brunei Darussalam	Kazakhstan	Bosnia and
Cameroon	Bolivia	Iraq	Cambodia	Kyrgyzstan	Herzegovina
Cape Verde	Brazil	Jordan	China	Moldova	Bulgaria
Central African Rep.	Canada	Kuwait	Dem.People's Rep.	Russian Federation	Croatia
Chad	Chile	Lebanon	of Korea	Tajikistan	Cyprus
Congo (Rep. of the)	Colombia	Libyan Arab	Fiji	Turkmenistan	Czech Republic
Congo (Dem. Rep.)	Costa Rica	Jamahiriya	India	Ukraine	Denmark
Côte d'Ivoire	Cuba	Mauritania	Indonesia	Uzbekistan	Estonia
Equatorial Guinea	Dominica	Morocco	Iran (Islamic		Finland
Eritrea	Dominican Rep.	Oman	Republic of)		France
Ethiopia	Ecuador	Qatar	Japan		Germany
Gabon	El Salvador	Saudi Arabia	Kiribati		Greece
Gambia	Grenada	Somalia	Korea (Rep. of)		Hungary
Ghana	Guatemala	Sudan	Lao P.D.R.		Iceland
Guinea	Guyana	Syrian Arab	Malaysia		Ireland
Guinea-Bissau	Haiti	Republic	Maldives		Israel
Kenya	Honduras	Tunisia	Marshall Islands		Italy
Lesotho	Jamaica	United Arab	Micronesia		Latvia
Liberia	Mexico	Emirates	Mongolia		Liechtenstein
Madagascar	Nicaragua	Yemen	Myanmar		Lithuania
Malawi	Panama		Nauru		Luxembourg
Mali	Paraguay		Nepal		Malta
Mauritius	Peru		New Zealand		Monaco
Mozambique	Saint Kitts and Nevis		Pakistan		Montenegro
Namibia	Saint Lucia		Papua New Guinea		Netherlands
Niger	Saint Vincent and the		Philippines		Norway
Nigeria	Grenadines		Samoa		Poland
Rwanda	Suriname		Singapore		Portugal
Sao Tomé & Principe	Trinidad & Tobago		Solomon Islands		Romania
Senegal	United States		Sri Lanka		San Marino
Seychelles	Uruguay		Thailand		Serbia
Sierra Leone	Venezuela		Timor-Leste		Slovakia
South Africa			Tonga		Slovenia
South Sudan			Tuvalu		Spain
Swaziland			Vanuatu		Sweden
Tanzania			Viet Nam		Switzerland
Togo					The Former
Uganda					Yugoslav Rep. of
Zambia					Macedonia
Zimbabwe					Turkey
					United Kingdom
					Vatican

Anexo II

Fonte: http://ark.intel.com/products/52952/Intel-Core-i5-480M-Processor-3M-Cache-2_66-GHz (consultado a 17/08/2014)

Resumo das especificações de um processador Intel Core I5, com foco no parâmetro “Max TDP 35W”.

**Intel® Core™ i5-480M Processor**
(3M Cache, 2.66 GHz)

Specifications	
Essentials	
Memory Specifications	
Graphics Specifications	
Expansion Options	
Package Specifications	
Advanced Technologies	
Intel® Data Protection Technology	
Intel® Platform Protection Technology	
Ordering / sSpecs / Steppings	

Specifications	
Essentials	
Status	End of Interactive Support
Launch Date	Q1'11
Processor Number	i5-480M
# of Cores	2
# of Threads	4
Clock Speed	2.66 GHz
Max Turbo Frequency	2.933 GHz
Intel® Smart Cache	3 MB
DMI	2.5 GT/s
Instruction Set	64-bit
Instruction Set Extensions	SSE4.1, SSE4.2
Embedded Options Available	No
Lithography	32 nm
Max TDP	35 W
Recommended Customer Price	N/A
Datasheet	Link

Anexo III

Fonte: <http://www.wdc.com/wdproducts/library/SpecSheet/PBR/2879-771436.pdf>

(consultado a 24/06/2014)

Resumo das especificações de uma gama de discos rígidos WD Blue, com foco no parâmetro “Gerenciamento de energia”.



WD Blue™

Especificações	1 TB	750 GB	500 GB	320 GB
Nº do modelo ¹	WD10EZE	WD7500AZEX	WD5000AAKX	WD3200AAKX
Interface:	SATA 6 Gb/s	SATA 6 Gb/s	SATA 6 Gb/s	SATA 6 Gb/s
Capacidade formatada ²	1.000.204 MB	750.156 MB	500.107 MB	320.072 MB
Setores de usuários por drive	1.953.525.169	1.465.149.168	976.773.168	625.142.448
Formato Avançado (FA)	Sim	Sim	Não	Não
Tamanho	3,5 polegadas	3,5 polegadas	3,5 polegadas	3,5 polegadas
Cumpra as normas RoHS ³	Sim	Sim	Sim	Sim
Desempenho				
Taxa de transferência de dados (máx)				
Buffer para host	6 Gb/s	6 Gb/s	6 Gb/s	3 Gb/s
Host para/desde drive (mantido)	150 MB/s	150 MB/s	126 MB/s	126 MB/s
Cache (MB)	64	64	16	16
Velocidade de rotação (RPM)	7200	7200	7200	7200
Confiabilidade/Integridade dos dados				
Ciclos de carga/descarga ⁴	300.000	300.000	300.000	300.000
Erros de leitura irreversíveis por bits lidos	<1 em 10 ¹⁴	<1 em 10 ¹⁴	<1 em 10 ¹⁴	<1 em 10 ¹⁴
Garantia limitada (anos) ⁵	2	2	2	2
Gerenciamento de energia				
12VDC ±10% (A, pico)	2,5	2,5	1,77	1,77
Requisitos médios de energia (W)				
Leitura/gravação	6,8	6,8	6,0	6,0
Ocioso	6,1	6,1	5,6	5,6
Standby/Descanso	1,2	1,2	0,9	0,9

Anexo IV

Abaixo os resultados dos 24 casos de teste executados resumidos.

SUT 1

Joulemeter

Caso de teste 1A

Data-hora Inicio = 2014-07-13 13:07:19

Data-hora Fim = 2014-07-13 13:08:20

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	115	5	0	6	2	1
1	120	10	9	15	0	1
2	123	13	6	6	0	1
3	113	3	1	8	4	8
4	117	7	3	2	0	2
5	114	4	1	6	1	2
6	115	5	1	3	3	3
7	113	3	1	12	1	13
8	120	10	3	11	0	11
9	121	11	2	7	0	4
10	116	6	0	6	0	1
11	116	6	1	6	0	1
12	118	8	3	8	0	2
13	115	5	0	7	5	2
14	121	11	3	9	0	7
15	118	8	5	11	0	10
16	116	6	1	4	0	5
17	119	9	6	12	1	16
18	123	13	6	15	4	16
19	137	27	24	30	0	2
20	139	29	24	31	0	1
21	137	27	24	27	2	1
22	136	26	24	30	0	1
23	140	30	24	29	0	1
24	136	26	24	30	0	7
25	140	30	24	30	0	7
26	168	58	24	41	0	3
27	168	58	23	68	18	2
28	162	52	25	55	0	1
29	164	54	25	56	0	1

30	164	54	25	56	0	7
31	169	59	29	63	3	12
32	166	56	23	58	1	4
33	164	54	22	58	1	4
34	170	60	23	63	6	1
35	160	50	24	57	1	3
36	164	54	24	54	2	1
37	160	50	24	54	0	1
38	163	53	23	55	0	1
39	161	51	25	53	0	1
40	165	55	24	58	0	1
41	164	54	17	57	0	2
42	143	33	22	57	0	2
43	137	27	23	39	1	3
44	142	32	22	29	0	3
45	142	32	24	33	1	2
46	147	37	23	41	0	2
47	137	27	25	31	2	1
48	131	21	18	28	25	3
49	141	31	26	23	30	1
50	138	28	24	32	1	5
51	137	27	25	32	1	5
52	140	30	25	28	0	3
53	139	29	24	30	1	1
54	132	22	17	30	0	4
55	124	14	10	29	1	7
56	140	30	23	14	2	28
57	145	35	15	31	11	4
58	114	4	0	30	3	17
59	120	10	0	6	0	4

Caso de teste 1B

Data-hora Inicio = 2014-07-13 13:52:30

Data-hora Fim = 2014-07-13 13:52:41

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	136	26	1	27	0	3
1	147	37	10	27	0	3
2	168	58	21	37	15	12
3	170	60	15	58	0	16
4	161	51	25	63	1	6
5	161	51	25	55	2	5
6	167	57	25	59	2	8

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

7	164	54	19	59	2	13
8	163	53	16	47	0	39
9	146	36	0	36	2	16
10	145	35	4	43	1	23
11	150	40	4	44	0	27

Caso de teste 2A

Data-hora Inicio = 2014-07-13 14:05:18

Data-hora Fim = 2014-07-13 14:06:57

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	136	26	9	9	3	8
1	136	26	9	29	3	19
2	137	27	26	27	10	10
3	140	30	23	31	3	1
4	138	28	23	30	1	10
5	151	41	26	47	0	18
6	148	38	21	38	2	8
7	141	31	25	31	0	3
8	146	36	20	38	4	15
9	140	30	20	35	1	10
10	148	38	27	34	0	4
11	137	27	24	34	0	4
12	139	29	19	28	3	8
13	138	28	24	32	0	9
14	144	34	25	32	9	1
15	143	33	25	37	1	11
16	146	36	24	38	1	7
17	140	30	26	32	0	8
18	148	38	24	33	13	1
19	147	37	18	45	15	12
20	136	26	24	31	1	13
21	142	32	24	30	5	1
22	137	27	23	30	0	6
23	137	27	20	30	0	6
24	137	27	20	28	35	3
25	141	31	24	34	0	4
26	147	37	24	39	35	12
27	150	40	23	42	0	11
28	142	32	24	34	3	3
29	142	32	24	31	10	9
30	154	44	24	46	2	17
31	142	32	20	32	2	8

32	141	31	24	34	4	5
33	144	34	23	34	4	5
34	142	31	23	32	6	2
35	145	35	25	36	0	9
36	152	42	24	40	14	4
37	158	48	25	50	0	5
38	147	37	22	46	1	5
39	138	28	23	29	1	1
40	145	35	24	36	3	1
41	139	29	20	33	0	1
42	145	35	22	32	100	3
43	146	36	23	38	1	8
44	144	34	24	38	7	7
45	138	28	24	38	7	7
46	122	12	4	27	44	3
47	113	3	0	16	69	1
48	120	10	0	8	1	1
49	112	2	0	5	0	1
50	118	8	0	5	0	1
51	118	8	0	5	0	1
52	112	2	0	5	0	1
53	117	7	0	4	1	1
54	116	6	0	16	9	1
55	126	16	0	7	2	1
56	114	4	0	5	3	1
57	117	7	0	7	2	1
58	115	5	0	2	0	1
59	112	2	0	2	0	1
60	116	6	0	7	2	1
61	113	3	0	1	0	1
62	130	19	0	18	13	1
63	117	7	0	8	2	1
64	115	5	0	5	20	1
65	113	3	0	3	0	1
66	118	8	0	6	0	0
67	112	2	0	5	0	1
68	118	8	0	8	0	1
69	112	2	0	2	0	1
70	117	7	0	8	0	1
71	118	8	0	8	6	1
72	123	13	0	14	0	1
73	113	3	0	14	0	1
74	117	7	0	4	1	1
75	117	7	0	8	4	1
76	113	3	0	6	0	1
77	113	3	0	5	0	0
78	124	14	0	21	1	1
79	125	15	0	7	4	2
80	124	14	0	16	8	10
81	115	5	0	5	0	2

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

82	116	6	0	4	0	1
83	112	2	0	4	0	1
84	123	13	0	22	0	2
85	125	15	0	6	6	1
86	113	3	0	4	0	1
87	117	7	0	6	0	1
88	114	4	0	6	0	1
89	118	8	0	5	1	1
90	114	4	0	6	0	1
91	126	16	8	8	1	1
92	143	33	20	25	30	8
93	146	36	23	43	0	2
94	136	26	24	28	10	1
95	140	30	25	30	0	1
96	136	26	24	27	0	1
97	150	40	24	34	1	2
98	143	33	26	34	1	2
99	148	38	21	41	1	8

Caso de teste 2B

Data-hora Inicio = 2014-07-13 14:15:57

Data-hora Fim = 2014-07-13 14:16:11

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	118	8	5	8	13	7
1	123	13	8	10	0	11
2	129	19	13	10	0	13
3	141	31	8	30	1	20
4	145	35	14	38	0	10
5	155	44	21	41	36	16
6	139	29	8	37	5	12
7	155	45	10	44	1	17
8	159	49	22	49	1	20
9	159	49	22	49	1	20
10	153	43	18	46	6	28
11	146	36	4	40	0	8
12	152	42	10	42	2	9
13	134	24	1	29	1	6
14	120	10	1	10	0	4

Caso de teste 3A

Data-hora Início = 2014-07-13 18:27:18

Data-hora Fim = 2014-07-13 18:27:29

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	112	2	0	1	5	1
1	117	7	8	18	1	1
2	141	31	23	33	0	1
3	139	29	24	26	0	1
4	135	25	24	26	0	1
5	135	25	24	26	2	1
6	135	25	24	26	0	1
7	135	25	24	26	0	1
8	135	25	24	26	0	1
9	135	25	24	26	0	1
10	122	12	11	17	4	1
11	116	6	0	6	0	1

Caso de teste 3B

Data-hora Início = 2014-07-13 18:29:21

Data-hora Fim = 2014-07-13 18:33:56

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	116	6	0	5	5	2
1	129	19	13	7	4	1
2	140	30	23	29	9	1
3	135	25	24	31	4	1
4	135	25	24	26	0	1
5	135	25	24	26	5	1
6	136	26	24	26	0	1
7	136	26	24	27	0	1
8	140	30	23	27	0	1
9	139	29	24	32	2	1
10	135	25	24	30	12	1
11	135	25	24	26	0	1
12	136	26	24	26	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

13	140	30	24	27	0	3
14	140	30	24	31	0	5
15	138	28	24	28	0	2
16	135	25	24	27	0	1
17	135	25	24	29	2	1
18	138	28	24	27	0	1
19	137	27	24	27	0	1
20	135	25	24	27	0	1
21	136	26	24	27	1	1
22	135	25	24	27	0	1
23	135	25	23	26	0	1
24	136	26	24	27	0	1
25	137	27	24	27	0	1
26	138	28	24	28	0	1
27	136	26	24	29	0	1
28	137	27	23	29	3	1
29	135	25	24	27	2	1
30	136	26	24	27	0	1
31	136	26	24	27	10	1
32	136	26	24	28	0	1
33	137	27	24	29	0	1
34	137	27	24	29	0	1
35	137	27	24	29	0	1
36	135	25	24	27	1	1
37	136	26	24	26	0	1
38	136	26	23	28	0	1
39	136	26	23	28	0	1
40	136	26	23	27	0	1
41	136	26	24	27	0	1
42	136	26	24	27	0	1
43	135	25	24	27	0	1
44	136	26	24	27	0	1
45	137	27	24	27	0	1
46	136	26	24	28	0	1
47	136	26	24	28	0	1
48	136	26	24	26	2	1
49	136	26	23	28	0	1
50	136	26	24	27	0	1
51	136	26	24	27	0	1
52	136	26	24	27	0	1
53	135	25	23	27	3	1
54	136	26	24	27	0	1
55	135	25	24	26	0	1
56	136	26	23	27	0	1
57	136	26	24	27	0	1
58	136	26	24	27	0	1
59	135	25	24	28	0	1
60	136	26	24	26	0	1
61	136	26	24	28	0	1
62	135	25	24	27	0	1

63	136	26	24	27	1	1
64	136	26	24	28	0	1
65	136	26	23	28	0	1
66	135	25	24	26	0	1
67	135	25	24	26	0	1
68	137	27	24	28	0	1
69	135	25	24	27	0	1
70	134	24	24	26	0	1
71	138	28	24	29	0	2
72	135	25	24	27	0	1
73	136	26	24	27	0	1
74	137	27	24	28	1	2
75	135	25	24	28	0	1
76	137	27	24	27	0	1
77	135	25	24	28	0	1
78	136	26	24	28	0	1
79	136	26	24	27	0	1
80	136	26	24	27	0	1
81	135	25	24	26	0	1
82	135	25	24	26	0	1
83	135	25	24	26	0	1
84	137	27	24	28	0	1
85	135	25	24	26	0	1
86	135	25	24	26	0	1
87	135	25	24	26	0	1
88	135	25	24	26	0	1
89	135	25	24	26	0	1
90	136	26	24	26	0	1
91	135	25	24	27	0	1
92	135	25	24	27	0	1
93	135	25	24	26	0	1
94	135	25	24	26	3	1
95	135	25	24	26	0	1
96	135	25	24	27	0	1
97	135	25	24	26	0	1
98	135	25	24	26	0	1
99	135	25	24	26	0	1
100	135	25	24	26	0	1
101	135	25	24	26	0	1
102	135	25	24	27	0	1
103	136	26	24	27	0	1
104	135	25	24	27	1	1
105	135	25	24	27	0	1
106	136	26	23	26	0	1
107	135	25	24	26	0	1
108	135	25	24	26	0	1
109	135	25	24	26	0	1
110	136	26	24	26	0	1
111	135	25	24	27	0	1
112	135	25	24	26	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

113	135	25	24	26	0	1
114	135	25	24	26	0	1
115	136	26	24	27	7	1
116	135	25	24	26	0	1
117	134	24	24	26	0	1
118	136	26	23	26	0	1
119	135	25	24	28	0	1
120	135	25	24	26	0	1
121	135	25	24	26	0	1
122	135	25	24	26	0	1
123	135	25	24	26	0	1
124	136	26	24	27	0	1
125	135	25	24	27	0	1
126	135	25	24	26	0	1
127	135	25	24	26	0	1
128	135	25	24	27	0	1
129	135	25	24	26	0	1
130	135	25	24	26	0	1
131	135	25	24	27	0	1
132	135	25	24	26	0	1
133	135	25	24	27	0	1
134	136	26	24	26	0	1
135	135	25	24	26	0	1
136	135	25	24	26	0	1
137	135	25	24	26	0	1
138	135	25	24	26	0	1
139	135	25	24	26	0	1
140	135	25	24	27	0	1
141	135	25	24	26	0	1
142	135	25	24	26	0	1
143	135	25	24	26	1	1
144	135	25	24	26	0	1
145	135	25	24	27	0	1
146	135	25	24	27	0	1
147	135	25	24	26	0	1
148	135	25	24	26	0	1
149	135	25	24	26	0	1
150	135	25	24	26	0	1
151	135	25	24	26	0	1
152	135	25	24	26	0	1
153	135	25	24	26	0	1
154	135	25	24	26	0	1
155	135	25	24	26	0	1
156	135	25	24	26	0	1
157	135	25	24	27	22	1
158	136	26	24	27	0	1
159	136	26	24	26	0	1
160	136	26	24	27	0	1
161	135	25	24	26	0	1
162	135	25	24	26	0	1

163	135	25	24	26	0	1
164	135	25	24	26	0	1
165	135	25	24	26	0	1
166	136	26	24	27	0	1
167	135	25	24	26	0	1
168	135	25	24	26	0	1
169	135	25	24	26	0	1
170	143	33	24	35	0	1
171	145	35	23	36	0	1
172	135	25	24	26	0	1
173	136	26	23	26	0	1
174	136	26	24	27	0	1
175	136	26	24	27	0	1
176	136	26	24	26	0	1
177	136	26	24	28	0	1
178	135	25	24	26	0	1
179	135	25	24	26	0	1
180	136	26	24	27	0	1
181	135	25	24	26	0	1
182	135	25	24	26	0	1
183	135	25	24	26	0	1
184	135	25	24	26	0	1
185	136	26	24	27	0	1
186	137	27	24	27	0	1
187	136	26	24	28	1	1
188	136	26	24	27	0	1
189	136	26	24	26	0	1
190	135	25	24	26	0	1
191	135	25	24	26	0	1
192	135	25	24	26	0	1
193	135	25	24	26	0	1
194	135	25	24	26	0	1
195	136	26	23	27	0	1
196	134	24	24	26	0	1
197	135	25	24	27	0	1
198	135	25	24	26	0	1
199	135	25	24	27	8	1
200	136	26	24	27	0	1
201	135	25	24	27	0	1
202	136	26	23	27	0	1
203	135	25	24	26	0	1
204	135	25	24	26	0	1
205	135	25	24	27	0	1
206	135	25	24	26	0	0
207	136	26	23	26	1	1
208	135	25	24	27	0	1
209	135	25	24	26	0	1
210	135	25	24	26	0	1
211	135	25	24	26	0	1
212	136	26	24	27	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

213	136	26	24	28	0	1
214	136	26	23	27	0	1
215	136	26	24	27	0	1
216	136	26	24	28	0	1
217	136	26	24	27	0	1
218	135	25	24	27	0	1
219	135	25	24	27	0	1
220	136	26	24	27	0	1
221	136	26	24	27	0	1
222	136	26	24	27	0	1
223	136	26	24	27	0	1
224	135	25	24	26	0	1
225	135	25	24	26	0	1
226	136	26	23	27	0	1
227	136	26	24	28	0	1
228	136	26	24	27	0	1
229	136	26	24	27	0	1
230	136	26	24	27	0	1
231	136	26	24	27	0	1
232	135	25	23	26	0	1
233	134	24	24	26	0	1
234	135	25	23	26	0	1
235	135	25	24	26	0	1
236	136	26	24	27	0	1
237	137	27	24	28	0	1
238	135	25	24	27	0	1
239	134	24	24	26	0	1
240	135	25	24	26	0	1
241	135	25	24	26	0	1
242	136	26	24	27	24	1
243	135	25	24	27	0	1
244	136	26	23	27	0	1
245	136	26	23	27	0	1
246	136	26	23	26	0	1
247	135	25	24	26	11	1
248	135	25	24	27	0	1
249	136	26	24	27	0	1
250	135	25	24	27	0	1
251	135	25	24	26	0	1
252	136	26	24	27	0	1
253	136	26	24	27	2	1
254	135	25	24	26	0	1
255	136	26	23	28	0	1
256	137	27	24	28	0	1
257	136	26	24	27	0	1
258	136	26	23	27	0	1
259	135	25	24	26	0	1
260	136	26	24	26	0	1
261	135	25	24	26	0	1
262	135	25	24	27	0	1

263	136	26	24	26	0	1
264	135	25	24	27	0	1
265	136	26	24	27	0	1
266	136	26	24	26	0	1
267	135	25	24	26	0	1
268	135	25	24	26	0	1
269	135	25	24	26	0	1
270	136	26	24	26	0	1
271	135	25	24	28	0	1
272	135	25	24	26	0	1
273	135	25	24	26	0	1
274	117	7	7	25	0	1
275	112	2	0	1	1	1

Caso de teste 3C

Data-hora Início = 2014-07-13 18:40:10

Data-hora Fim = 2014-07-13 18:46:32

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	116	6	0	3	0	1
1	146	36	19	22	2	2
2	140	30	24	28	0	1
3	148	38	23	43	4	1
4	135	25	24	27	0	1
5	135	25	24	29	3	1
6	137	27	24	26	3	1
7	135	25	24	26	3	1
8	139	29	23	31	1	1
9	136	26	24	27	0	1
10	137	27	24	29	0	1
11	135	25	24	28	0	1
12	139	29	24	28	12	1
13	135	25	24	28	5	1
14	138	28	24	28	0	1
15	135	25	24	28	1	1
16	138	28	23	28	1	1
17	136	26	24	28	3	1
18	137	27	24	27	0	1
19	138	28	23	27	0	1
20	153	43	22	46	1	1
21	135	25	24	26	0	1
22	139	29	24	29	1	1
23	136	26	24	28	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

24	137	27	23	30	0	2
25	139	29	23	29	2	1
26	136	26	24	29	2	1
27	139	29	23	29	2	1
28	137	27	24	29	0	1
29	136	26	24	27	0	1
30	139	29	24	28	1	1
31	136	26	24	29	0	1
32	138	28	24	28	4	1
33	138	28	24	27	3	1
34	135	25	24	42	0	1
35	155	45	23	42	0	1
36	137	27	24	30	0	1
37	135	25	24	28	2	1
38	139	29	24	30	0	1
39	135	25	24	27	4	1
40	139	29	24	33	0	1
41	137	27	23	26	0	1
42	135	25	23	28	4	1
43	138	28	24	27	1	1
44	135	25	24	27	1	1
45	138	28	24	29	0	1
46	136	26	24	28	0	1
47	135	25	24	26	2	1
48	138	28	23	29	1	1
49	137	27	24	27	0	1
50	135	25	24	27	0	1
51	139	29	24	30	0	1
52	136	26	24	27	0	1
53	135	25	24	29	0	1
54	139	29	24	29	0	1
55	136	26	24	30	1	1
56	135	25	24	26	0	1
57	138	28	24	28	2	1
58	136	26	24	29	0	1
59	136	26	24	26	0	1
60	139	29	24	30	2	1
61	137	27	24	28	0	1
62	137	27	24	27	0	1
63	136	26	24	27	0	1
64	138	28	24	29	0	1
65	136	26	24	27	0	1
66	134	24	24	26	4	1
67	137	27	24	29	2	1
68	137	27	24	28	0	1
69	135	25	24	28	0	1
70	138	28	24	29	0	1
71	137	27	24	27	0	1
72	135	25	24	28	4	1
73	139	29	23	28	4	1

74	136	26	24	29	0	1
75	136	26	24	27	0	1
76	139	29	23	30	2	1
77	135	25	24	26	2	1
78	139	29	23	30	0	1
79	135	25	24	26	11	1
80	138	28	24	29	0	1
81	135	25	23	28	0	1
82	138	28	23	28	0	1
83	135	25	24	28	0	1
84	138	28	23	27	0	1
85	135	25	24	27	0	1
86	138	28	24	28	1	1
87	137	27	24	29	2	1
88	139	29	23	29	0	1
89	136	26	24	28	0	1
90	135	25	24	26	0	1
91	139	29	24	30	0	1
92	139	29	24	30	0	1
93	137	27	23	28	0	1
94	136	26	24	28	0	1
95	139	29	24	31	1	1
96	136	26	24	26	16	1
97	136	26	24	29	3	1
98	138	28	24	29	0	1
99	136	26	24	27	0	1
100	141	31	24	44	2	2
101	151	41	22	44	2	2
102	135	25	24	29	1	1
103	138	28	23	30	2	1
104	137	27	24	28	0	1
105	135	25	24	26	0	1
106	139	29	23	30	0	1
107	134	24	24	26	0	1
108	156	45	24	46	39	1
109	141	31	24	33	0	1
110	136	26	23	27	0	1
111	138	28	24	27	0	1
112	136	26	24	28	10	1
113	139	29	23	29	4	1
114	137	27	24	29	0	1
115	135	25	24	27	0	1
116	137	27	24	28	0	1
117	135	25	24	26	3	1
118	137	27	24	29	0	1
119	136	26	24	27	0	1
120	138	28	24	27	0	1
121	135	25	24	29	0	1
122	151	41	23	26	5	1
123	151	41	23	46	2	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

124	147	37	24	34	0	1
125	135	25	23	27	0	1
126	136	26	24	27	0	1
127	148	38	23	44	14	1
128	165	55	22	65	11	1
129	169	59	22	58	3	1
130	157	47	23	33	0	1
131	140	30	23	35	5	1
132	146	36	23	49	57	1
133	162	52	22	37	10	1
134	137	27	24	30	0	1
135	139	29	24	27	4	1
136	136	26	24	27	4	1
137	138	28	24	29	64	1
138	136	26	24	29	2	1
139	138	28	24	27	0	1
140	135	25	23	28	1	1
141	138	28	23	28	40	1
142	135	25	23	32	4	1
143	148	38	24	34	2	1
144	135	25	24	33	0	1
145	143	33	24	33	0	1
146	137	27	23	28	0	1
147	137	27	23	26	0	1
148	135	25	24	30	0	1
149	139	29	24	27	1	1
150	135	25	23	32	0	1
151	139	29	24	27	0	1
152	137	27	24	28	100	1
153	136	26	24	28	100	1
154	140	30	23	30	0	1
155	137	27	24	26	0	1
156	135	25	24	30	0	1
157	138	28	24	26	4	1
158	135	25	24	29	0	1
159	139	29	23	28	0	1
160	136	26	24	29	0	1
161	137	27	24	29	0	1
162	138	28	24	29	0	1
163	135	25	24	28	0	1
164	139	29	23	30	0	1
165	137	27	24	27	0	1
166	135	25	24	27	1	1
167	138	28	24	29	2	1
168	136	26	24	30	0	1
169	139	29	24	27	0	1
170	135	25	24	30	0	1
171	139	29	24	26	0	1
172	136	26	24	26	0	1
173	136	26	24	30	1	1

174	138	28	23	27	0	1
175	135	25	24	29	0	1
176	137	27	24	28	0	1
177	136	26	24	29	2	1
178	138	28	24	28	2	1
179	136	26	24	26	0	1
180	137	27	24	27	0	1
181	135	25	23	27	0	1
182	137	27	24	27	0	1
183	135	25	24	29	3	1
184	138	28	24	28	0	1
185	137	27	24	29	0	1
186	138	28	24	27	0	1
187	135	25	24	29	2	1
188	138	28	24	27	0	1
189	136	26	24	28	0	1
190	135	25	24	30	0	1
191	139	29	24	30	0	1
192	136	26	24	26	0	1
193	136	26	24	29	0	1
194	138	28	24	27	0	1
195	135	25	24	27	0	1
196	137	27	24	28	0	1
197	135	25	24	30	0	1
198	139	29	24	27	0	1
199	136	26	23	29	0	1
200	139	29	24	29	0	1
201	139	29	24	28	0	1
202	137	27	24	26	0	1
203	135	25	24	29	2	1
204	137	27	24	27	1	1
205	135	25	24	28	0	1
206	138	28	24	28	0	1
207	135	25	24	29	2	1
208	139	29	23	27	0	1
209	137	27	24	27	0	1
210	135	25	23	30	0	1
211	139	29	24	27	0	1
212	135	25	24	30	0	1
213	139	29	24	28	2	1
214	137	27	23	26	0	1
215	135	25	24	29	0	1
216	138	28	23	28	0	1
217	136	26	24	28	0	1
218	137	27	24	29	0	1
219	137	27	24	29	0	1
220	138	28	24	29	0	1
221	136	26	24	26	0	1
222	136	26	23	33	0	1
223	158	48	21	41	10	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

224	136	26	24	28	0	1
225	136	26	23	30	0	1
226	137	27	24	27	0	1
227	136	26	24	29	0	1
228	138	28	23	29	0	1
229	138	28	23	27	0	1
230	136	26	23	29	0	1
231	137	27	24	28	0	1
232	136	26	23	31	0	1
233	139	29	24	27	2	1
234	135	25	23	30	0	1
235	138	28	24	29	0	1
236	138	28	24	28	0	1
237	138	28	24	28	2	1
238	135	25	24	28	2	1
239	137	27	24	29	0	1
240	137	27	24	27	0	1
241	136	26	23	29	0	1
242	138	28	24	26	0	1
243	135	25	23	29	0	1
244	138	28	24	27	0	1
245	136	26	24	29	0	1
246	137	27	24	29	0	1
247	136	26	24	29	0	1
248	139	29	24	29	1	1
249	135	25	24	28	0	1
250	137	27	23	28	0	1
251	136	26	24	28	0	1
252	138	28	24	28	0	1
253	136	26	24	28	4	1
254	136	26	24	28	0	1
255	138	28	24	29	0	1
256	135	25	24	27	0	1
257	138	28	23	27	0	1
258	135	25	23	29	2	1
259	140	30	24	29	0	1
260	137	27	24	26	1	1
261	135	25	24	29	0	1
262	137	27	24	29	0	1
263	135	25	24	29	0	1
264	139	29	24	26	0	1
265	136	26	24	27	0	1
266	135	25	24	27	0	1
267	138	28	24	30	0	1
268	136	26	23	27	2	1
269	138	28	24	29	0	1
270	136	26	24	27	0	1
271	136	26	23	30	0	1
272	139	29	23	27	0	1
273	136	26	24	26	0	1

274	135	25	24	29	40	1
275	137	27	24	29	40	1
276	135	25	23	28	0	1
277	137	27	24	28	0	1
278	136	26	24	29	2	1
279	139	29	23	27	0	1
280	139	29	23	28	0	1
281	135	25	24	30	0	1
282	138	28	23	26	1	1
283	137	27	24	30	1	1
284	136	26	24	30	1	1
285	138	28	24	27	0	1
286	136	26	24	27	0	1
287	135	25	24	27	0	1
288	136	26	24	26	2	1
289	135	25	24	29	1	1
290	137	27	24	27	0	1
291	135	25	24	28	0	1
292	138	28	24	27	0	1
293	135	25	24	28	0	1
294	138	28	24	28	0	1
295	135	25	24	28	0	1
296	138	28	24	28	0	1
297	136	26	24	28	0	1
298	138	28	24	27	2	1
299	135	25	24	29	0	1
300	139	29	24	26	0	1
301	135	25	24	29	0	1
302	138	28	24	26	0	1
303	135	25	24	26	0	1
304	137	27	24	29	0	1
305	135	25	24	27	2	1
306	135	25	24	30	0	1
307	138	28	24	28	0	1
308	136	26	24	28	2	1
309	138	28	24	27	0	1
310	135	25	24	27	0	1
311	138	28	24	28	0	1
312	135	25	24	29	0	1
313	139	29	24	29	0	1
314	137	27	24	26	0	1
315	135	25	24	30	0	1
316	139	29	24	27	0	1
317	136	26	24	26	0	1
318	135	25	24	29	1	1
319	137	27	23	29	0	1
320	137	27	23	28	0	1
321	136	26	24	28	0	1
322	138	28	24	28	0	1
323	136	26	24	29	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

324	139	29	24	28	0	1
325	136	26	24	28	0	1
326	138	28	24	27	0	1
327	135	25	24	27	4	1
328	138	28	24	29	14	1
329	136	26	24	30	0	1
330	139	29	24	27	2	1
331	136	26	23	27	2	1
332	137	27	24	28	0	1
333	135	25	24	27	0	1
334	135	25	24	31	0	1
335	138	28	24	28	0	1
336	135	25	24	28	0	1
337	138	28	24	28	0	1
338	136	26	24	30	2	1
339	139	29	24	28	0	1
340	137	27	24	28	0	1
341	137	27	24	26	0	1
342	135	25	24	30	0	1
343	140	30	24	28	0	1
344	135	25	24	29	0	1
345	137	27	23	26	0	1
346	135	25	24	29	0	1
347	137	27	24	27	0	1
348	135	25	24	29	3	1
349	138	28	24	29	3	1
350	137	27	24	28	0	1
351	135	25	24	28	0	1
352	138	28	23	29	0	1
353	136	26	24	27	0	1
354	137	27	24	27	0	1
355	134	24	24	27	0	1
356	138	28	24	28	0	1
357	138	28	24	30	0	1
358	136	26	24	27	2	1
359	138	28	23	27	2	1
360	136	26	23	29	0	1
361	138	28	24	27	0	1
362	136	26	24	29	0	1
363	138	28	24	27	3	1
364	135	25	24	31	0	1
365	138	28	24	28	0	1
366	136	26	23	28	0	1
367	139	29	24	27	0	1
368	135	25	24	27	0	1
369	137	27	24	28	2	1
370	136	26	23	27	0	1
371	137	27	24	28	0	1
372	135	25	23	29	0	1
373	139	29	23	27	0	1

374	136	26	24	31	0	1
375	138	28	24	27	0	1
376	136	26	24	29	0	1
377	138	28	24	26	0	1
378	135	25	24	26	0	1
379	138	28	24	29	3	1
380	120	10	3	11	0	2
381	117	7	0	16	0	1

Caso de teste 4A

Data-hora Inicio = 2014-07-13 18:51:41

Data-hora Fim = 2014-07-13 18:51:43

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	116	6	0	7	7	2
1	121	11	3	10	0	1
2	118	8	0	9	0	2

Caso de teste 4B

Data-hora Inicio = 2014-07-13 18:27:18

Data-hora Fim = 2014-07-13 18:27:29

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	117	7	0	11	62	2
1	146	36	21	16	100	2
2	142	32	24	41	100	2
3	140	30	24	28	100	1
4	135	25	24	30	100	1
5	147	37	24	30	100	1
6	139	29	24	37	100	1
7	139	29	24	31	100	1
8	139	29	23	30	100	1
9	138	27	24	29	100	0
10	140	29	24	29	100	1
11	135	25	24	26	100	0
12	138	27	24	29	100	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

13	136	26	23	29	100	1
14	138	28	24	29	100	1
15	135	25	24	27	0	1
16	137	27	24	27	0	0
17	135	25	24	27	0	0
18	137	27	24	28	0	0
19	137	27	24	28	41	0
20	137	27	23	29	100	1
21	137	27	24	29	100	1
22	134	24	24	28	85	1
23	135	25	24	25	7	0
24	135	25	24	26	10	1
25	135	25	24	26	9	1
26	135	25	24	26	23	0
27	136	26	24	27	15	0
28	151	41	24	29	9	2
29	150	40	0	53	10	2

Wattímetro

Caso de teste 3B

Data-hora Inicio = 2014-09-28 14:13:31

Data-hora Fim = 2014-09-28 14:18:10

Test Time (s)	Total Power (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
5	122	21	0	1
10	123	26	0	1
15	123	27	0	0
20	121	26	0	1
25	123	26	0	1
30	122	26	0	1
35	122	26	0	1
40	123	26	0	1
45	123	26	0	0
50	123	26	0	1
55	123	26	0	0
60	124	26	0	1
65	124	26	0	1
70	123	26	0	1
75	124	26	1	0
80	123	26	0	1
85	122	26	0	0
90	123	26	0	1
95	123	26	0	0

100	123	25	0	0
105	124	26	0	0
110	124	26	0	0
115	123	26	0	1
120	123	26	1	1
125	122	26	0	1
130	123	26	0	1
135	123	26	0	1
140	122	26	0	0
145	123	26	0	1
150	123	26	0	0
155	123	26	0	1
160	123	26	0	0
165	123	26	0	1
170	124	26	0	1
175	123	26	0	0
180	124	26	0	0
185	123	26	0	1
190	122	26	0	1
195	122	26	0	0
200	123	26	0	0
205	123	25	0	0
210	123	26	1	1
215	123	26	0	0
220	123	26	0	1
225	123	25	0	0
230	124	26	0	1
235	123	26	0	0
240	123	26	0	0
245	123	26	0	0
250	123	26	0	0
255	123	26	0	1
260	123	26	0	0
265	123	25	0	0
270	123	26	0	0
275	115	26	0	1
280	110	6	1	1

Caso de teste 4A

Data-hora Inicio = 2014-09-28 20:26:35

Data-hora Fim = 2014-09-28 20:26:39

Test Time (s)	Total Power (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
5	117	1	0	1

Caso de teste 4B

Data-hora Inicio = 2014-09-28 20:32:02

Data-hora Fim = 2014-09-28 20:32:37

Test Time (s)	Total Power (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
5	114	18	0	0
10	123	27	7	1
15	125	27	20	1
20	127	28	100	1
25	125	27	100	0
30	133	26	100	1
35	116	18	82	2

Pinça Amperimétrica

Caso de teste 3B

Data-hora Inicio = 2014-09-28 15:59:36

Data-hora Fim = 2014-09-28 16:04:11

Test Time (s)	Total Power (KW)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
5	0,11	22	0	1
10	0,11	26	1	1
15	0,11	25	0	1
20	0,11	27	0	1
25	0,11	26	0	1
30	0,11	25	0	1
35	0,11	26	0	1
40	0,11	26	3	1
45	0,11	25	0	1
50	0,11	26	0	1
55	0,11	25	0	1
60	0,11	25	0	1
65	0,11	26	0	0
70	0,10	26	0	1
75	0,11	26	0	1
80	0,10	26	0	1
85	0,10	25	0	1

90	0,10	25	0	1
95	0,10	26	0	1
100	0,11	26	0	1
105	0,11	25	0	1
110	0,10	26	0	1
115	0,11	26	0	1
120	0,11	25	0	1
125	0,10	26	0	1
130	0,10	27	1	1
135	0,11	26	2	1
140	0,11	26	0	1
145	0,10	33	0	1
150	0,10	26	0	1
155	0,11	26	0	1
160	0,10	26	0	1
165	0,11	26	0	1
170	0,11	26	0	0
175	0,11	26	0	1
180	0,10	26	0	0
185	0,10	26	0	1
190	0,11	26	0	1
195	0,10	26	0	1
200	0,10	25	0	1
205	0,10	26	0	1
210	0,10	25	0	1
215	0,10	26	1	1
220	0,10	27	0	1
225	0,10	26	0	1
230	0,10	26	0	1
235	0,10	26	0	1
240	0,10	26	0	1
245	0,10	26	0	1
250	0,10	28	0	1
255	0,10	26	0	1
260	0,10	25	0	1
265	0,10	26	0	1
270	0,10	26	0	1
275	0,09	8	1	1
280	0,09	26	0	1

Caso de teste 4A

Data-hora Inicio = 2014-09-28 20:47:53

Data-hora Fim = 2014-09-28 20:47:57

Test Time (s)	Total Power (KW)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
5	0,11	2	0	1

Caso de teste 4B

Data-hora Inicio = 2014-09-28 20:56:31

Data-hora Fim = 2014-09-28 20:57:06

Test Time (s)	Total Power (KW)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
5	0,10	17	0	1
10	0,11	28	0	1
15	0,11	27	1	1
20	0,11	26	0	1
25	0,11	26	0	1
30	0,13	26	0	1
35	0,09	17	41	3

SUT 2

Joulemeter

Caso de teste 1A

Data-hora Inicio = 2014-07-14 20:44:26

Data-hora Fim = 2014-07-14 20:44:46

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	14	2	0	42	27	9
1	14	2	1	40	17	7
2	17	6	3	40	17	7
3	15	4	3	25	20	6
4	17	5	3	25	20	6
5	13	2	0	27	22	7
6	16	4	2	27	22	7
7	16	4	3	48	13	4
8	16	5	3	48	13	4
9	17	5	2	35	18	15
10	15	3	1	35	18	15
11	17	6	3	36	17	2
12	15	4	3	36	17	2
13	17	5	3	45	17	6

14	16	4	1	43	27	3
15	17	5	1	43	27	3
16	17	6	3	47	18	4
17	17	6	3	47	18	4
18	18	6	3	45	25	4
19	15	3	2	45	25	4
20	15	4	1	48	24	7

Caso de teste 1B

Data-hora Inicio = 2014-07-14 20:53:42

Data-hora Fim = 2014-07-14 20:53:53

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	14	2	0	30	33	6
1	15	3	2	30	33	6
2	17	6	2	32	17	18
3	15	3	2	32	17	18
4	18	6	1	46	42	4
5	15	4	2	46	42	4
6	18	7	3	48	26	4
7	17	6	2	48	26	4
8	20	8	3	56	9	8
9	15	4	1	65	23	21
10	15	3	1	65	23	21
11	17	5	0	34	32	20

Caso de teste 2A

Data-hora Inicio = 2014-07-14 22:33:06

Data-hora Fim = 2014-07-14 22:33:39

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	15	3	1	42	0	3
1	16	5	1	42	0	3
2	16	5	2	35	3	7
3	16	5	2	48	0	6
4	18	7	2	48	0	6

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

5	16	4	1	51	1	6
6	16	5	2	51	1	6
7	16	4	3	43	3	3
8	16	4	2	43	3	3
9	16	5	2	41	3	2
10	15	3	3	41	3	2
11	16	5	3	41	0	0
12	15	3	3	41	0	0
13	17	5	3	37	1	7
14	16	4	3	37	1	7
15	16	4	3	37	1	7
16	15	3	3	37	1	7
17	14	3	3	37	1	7
18	15	3	3	37	1	7
19	15	3	3	43	0	2
20	15	4	3	43	0	2
21	17	5	2	35	1	4
22	16	5	2	35	1	4
23	16	4	2	44	3	2
24	16	5	1	44	3	2
25	16	5	1	43	1	5
26	15	4	1	43	1	5
27	17	5	1	41	0	3
28	14	3	1	38	0	10
29	16	5	2	38	0	10
30	14	3	0	35	6	6
31	14	3	0	35	6	6
32	15	4	0	28	1	4
33	15	3	0	28	1	4

Caso de teste 2B

Data-hora Inicio = 2014-07-14 22:36:04

Data-hora Fim = 2014-07-14 22:36:12

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	18	7	1	48	0	6
1	15	4	1	48	0	6
2	18	6	1	52	0	6
3	17	5	1	52	0	6
4	16	5	1	55	3	6
5	15	4	2	55	3	6
6	17	5	2	40	6	7
7	16	5	1	40	6	7
8	16	4	0	47	3	4

Caso de teste 3A

Data-hora Início = 2014-07-14 22:47:32

Data-hora Fim = 2014-07-14 22:47:48

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	12	1	0	18	1	1
1	16	4	3	13	0	1
2	16	4	3	33	0	2
3	16	4	3	33	0	2
4	16	5	3	42	1	1
5	15	3	3	42	1	1
6	16	4	3	37	1	1
7	15	4	3	37	1	1
8	15	4	3	37	5	1
9	16	4	3	38	0	1
10	14	3	3	38	0	1
11	16	5	3	36	12	1
12	15	3	3	36	12	1
13	16	5	3	37	2	2
14	16	5	3	37	2	2
15	15	4	2	41	6	1
16	13	1	0	41	6	1

Caso de teste 3B

Data-hora Início = 2014-07-14 22:48:40

Data-hora Fim = 2014-07-14 22:56:36

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	15	4	0	36	0	2
1	18	6	2	36	0	2
2	18	6	2	38	0	2
3	20	8	3	38	0	2
4	20	9	3	77	2	1
5	17	6	3	77	2	1
6	19	7	3	66	0	0
7	17	5	3	60	0	0
8	16	4	3	60	0	0

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

9	16	4	3	38	4	1
10	15	3	3	38	4	1
11	16	4	3	38	0	1
12	15	3	3	38	0	1
13	16	4	3	36	3	1
14	15	3	3	36	3	1
15	16	4	3	37	0	1
16	16	4	3	37	0	1
17	15	3	3	37	0	1
18	16	5	3	37	0	1
19	15	3	3	37	0	1
20	16	4	3	37	0	1
21	15	4	3	37	0	1
22	15	4	3	37	0	1
23	15	4	3	37	0	1
24	16	5	3	37	5	1
25	14	3	3	37	5	1
26	16	5	3	37	5	1
27	14	3	3	37	5	1
28	14	3	3	37	5	1
29	14	3	3	37	5	1
30	15	3	3	37	0	1
31	14	3	3	37	0	1
32	16	5	3	29	0	1
33	15	4	3	29	0	1
34	16	5	3	42	0	0
35	14	3	3	42	0	0
36	16	4	3	37	0	1
37	15	4	3	36	0	1
38	15	4	3	36	0	1
39	16	5	3	37	1	2
40	15	3	3	37	1	2
41	16	4	3	37	1	2
42	16	4	3	37	1	2
43	15	4	3	37	0	3
44	16	4	3	37	0	3
45	15	3	3	37	0	4
46	16	5	3	39	0	2
47	16	5	3	39	0	2
48	15	3	3	38	0	2
49	16	4	3	38	0	2
50	16	4	3	37	0	0
51	15	3	3	37	0	0
52	17	5	3	36	0	2
53	15	4	3	36	0	2
54	16	4	3	42	6	1
55	15	4	3	42	6	1
56	15	4	3	42	6	1
57	14	3	3	42	6	1
58	14	3	3	42	6	1

59	14	3	3	42	6	1
60	14	3	3	37	0	1
61	14	3	3	37	0	1
62	16	5	3	29	1	1
63	15	3	3	29	1	1
64	16	4	3	38	0	1
65	16	4	3	38	0	1
66	15	3	3	37	0	1
67	16	5	3	37	0	1
68	15	3	3	37	0	1
69	15	3	3	39	8	2
70	16	5	3	39	8	2
71	15	4	3	41	0	1
72	15	4	3	41	0	1
73	16	4	3	38	0	0
74	15	3	3	38	0	0
75	16	5	3	37	2	1
76	15	3	3	37	2	1
77	15	4	3	37	0	1
78	16	4	3	37	1	1
79	15	3	3	37	1	1
80	16	5	3	37	0	1
81	14	3	3	37	0	1
82	16	5	3	37	0	1
83	15	3	3	37	0	1
84	16	4	3	37	0	1
85	15	4	3	37	0	1
86	15	4	3	37	0	1
87	16	5	3	36	0	1
88	14	3	3	36	0	1
89	16	5	3	37	0	1
90	15	3	3	37	0	1
91	15	3	3	37	0	1
92	16	4	3	37	0	1
93	16	4	3	37	0	1
94	15	3	3	37	0	1
95	16	5	3	36	0	1
96	15	3	3	36	0	1
97	16	4	3	36	0	1
98	16	4	3	38	1	2
99	15	4	3	38	1	2
100	17	5	3	38	1	2
101	14	3	3	38	1	2
102	14	3	3	38	1	2
103	14	3	3	38	1	2
104	14	3	3	38	1	2
105	14	3	3	42	11	1
106	15	3	3	42	11	1
107	16	4	3	29	1	1
108	16	4	3	29	1	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

109	15	3	3	38	0	1
110	15	3	3	38	0	1
111	16	5	3	37	0	1
112	15	3	3	37	0	1
113	16	5	3	38	0	1
114	15	3	3	37	0	1
115	16	4	3	37	0	1
116	16	4	3	38	0	1
117	15	3	3	38	0	1
118	16	5	3	38	0	1
119	14	3	3	38	0	1
120	16	5	2	37	0	1
121	15	3	3	37	0	1
122	16	4	3	37	0	1
123	15	4	3	37	0	1
124	15	3	3	37	0	1
125	16	5	3	37	0	1
126	15	3	3	37	0	1
127	16	5	3	38	0	1
128	15	3	3	38	0	1
129	16	4	3	37	1	1
130	16	4	3	37	1	1
131	15	4	3	37	1	1
132	14	2	3	37	1	1
133	14	3	3	37	1	1
134	14	3	3	37	1	1
135	14	3	3	37	1	1
136	14	3	3	37	0	1
137	16	5	2	29	0	1
138	16	5	2	29	0	1
139	15	3	3	38	1	1
140	16	4	3	38	1	1
141	16	4	3	36	4	1
142	15	3	3	36	4	1
143	16	5	3	37	0	1
144	14	3	3	37	0	1
145	16	5	3	37	1	1
146	15	3	3	37	0	1
147	16	4	3	37	0	1
148	16	4	3	37	0	1
149	15	3	3	37	0	1
150	16	5	3	36	0	1
151	15	3	3	36	0	1
152	16	4	3	38	0	1
153	15	3	3	38	0	1
154	15	4	3	36	0	1
155	16	5	3	37	0	1
156	14	3	3	37	0	1
157	16	5	3	36	0	1
158	15	3	3	36	0	1

159	16	4	3	37	0	1
160	16	4	3	37	0	1
161	15	4	3	37	0	1
162	15	4	3	37	0	1
163	16	4	3	38	0	1
164	15	3	3	38	0	1
165	16	5	3	37	0	1
166	15	3	3	38	0	1
167	16	4	3	38	0	1
168	16	4	3	38	0	1
169	15	4	3	38	0	1
170	16	4	3	37	0	1
171	15	3	3	37	0	1
172	16	4	3	36	0	1
173	16	4	3	36	0	1
174	15	3	3	36	0	1
175	16	4	3	37	0	1
176	14	3	3	37	0	1
177	16	4	3	36	0	1
178	16	4	3	36	0	1
179	15	4	3	37	0	1
180	15	4	3	37	0	1
181	16	4	3	37	0	1
182	15	3	3	37	0	1
183	16	5	3	37	0	1
184	15	3	3	38	0	1
185	16	4	3	38	0	1
186	16	4	3	36	0	1
187	15	3	3	36	0	1
188	16	4	3	37	0	1
189	15	3	3	37	0	1
190	16	4	3	36	0	1
191	15	4	3	36	0	1
192	16	4	3	37	0	1
193	16	4	3	37	0	1
194	15	3	3	37	0	1
195	16	5	3	37	0	1
196	15	3	3	37	0	1
197	15	3	3	37	0	1
198	16	4	3	37	0	1
199	16	4	3	38	0	1
200	15	4	3	38	0	1
201	16	4	3	37	0	1
202	15	3	3	37	0	1
203	16	5	3	37	0	1
204	15	3	3	37	0	1
205	16	4	3	36	0	1
206	16	4	3	38	0	1
207	15	3	3	38	0	1
208	16	5	3	37	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

209	14	3	3	37	0	1
210	16	5	3	37	0	1
211	15	3	3	37	0	1
212	15	4	3	37	0	1
213	16	4	3	37	0	1
214	15	4	3	36	0	1
215	16	5	3	38	0	1
216	14	3	3	38	0	1
217	16	5	3	37	0	1
218	15	3	3	37	0	1
219	15	3	3	36	0	1
220	11	5	3	36	0	1
221	17	5	3	45	0	1
222	15	4	3	45	0	1
223	16	5	3	39	0	1
224	14	3	3	39	0	1
225	16	5	3	37	0	1
226	15	3	3	37	0	1
227	16	4	3	37	0	1
228	15	4	3	37	0	1
229	15	3	3	37	0	1
230	16	5	3	38	0	1
231	14	3	3	38	0	1
232	16	4	3	37	0	1
233	16	4	3	37	0	1
234	16	4	3	39	0	1
235	16	4	3	39	0	1
236	16	4	3	39	0	1
237	15	3	3	39	0	1
238	14	3	3	39	0	1
239	14	3	3	39	0	1
240	14	3	3	41	6	1
241	14	3	3	41	6	1
242	15	4	3	29	1	1
243	15	4	3	29	1	1
244	16	4	3	38	0	1
245	15	3	3	36	0	1
246	16	4	3	36	0	1
247	16	4	3	37	0	1
248	15	3	3	37	0	1
249	16	5	3	37	0	1
250	15	3	3	37	0	1
251	16	5	3	38	0	1
252	15	3	3	38	0	1
253	16	4	3	39	0	1
254	15	4	2	39	0	1
255	15	4	3	37	0	1
256	16	4	3	38	0	1
257	14	3	3	38	0	1
258	16	5	3	35	0	1

259	15	3	3	35	0	1
260	16	4	3	37	0	1
261	15	4	3	37	0	1
262	15	4	3	37	0	1
263	15	4	3	37	0	1
264	16	4	3	37	0	1
265	15	3	3	37	0	1
266	16	5	3	37	0	1
267	14	3	3	37	0	1
268	14	3	3	37	0	1
269	14	3	3	37	0	1
270	14	3	3	37	1	1
271	14	3	3	37	1	1
272	16	4	3	29	0	1
273	15	3	3	29	0	1
274	16	4	3	37	1	1
275	15	3	3	37	1	1
276	16	4	3	36	0	1
277	16	4	3	36	0	1
278	15	4	3	37	0	1
279	16	4	3	37	0	1
280	15	3	3	37	0	1
281	16	5	3	37	0	1
282	15	3	3	37	0	1
283	16	4	3	37	0	1
284	16	4	3	37	0	1
285	15	4	3	37	0	1
286	15	4	3	37	0	1
287	16	4	3	37	0	1
288	15	3	3	37	0	1
289	17	5	3	37	0	2
290	16	4	3	42	9	1
291	15	4	3	42	9	1
292	16	5	3	36	0	1
293	14	3	3	36	0	1
294	16	4	3	37	0	1
295	15	4	3	37	0	1
296	15	4	3	36	2	1
297	16	4	3	36	0	1
298	14	3	3	36	0	1
299	17	5	3	37	0	1
300	15	3	3	37	0	1
301	16	4	3	39	0	1
302	15	4	3	39	0	1
303	15	4	3	37	0	1
304	16	5	3	37	0	1
305	15	3	3	38	0	1
306	15	3	3	37	0	1
307	16	5	3	37	0	1
308	15	3	3	37	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

309	16	4	3	37	0	1
310	16	4	3	36	0	1
311	15	3	3	36	0	1
312	16	5	3	35	0	1
313	14	3	3	35	0	1
314	16	5	3	37	0	1
315	15	4	3	37	0	1
316	15	3	3	37	0	1
317	16	4	3	36	0	1
318	15	3	3	36	0	1
319	16	5	3	36	0	1
320	18	6	3	36	0	1
321	15	4	3	47	0	1
322	16	4	3	42	0	1
323	14	3	3	42	0	1
324	16	5	3	36	0	1
325	15	3	3	36	0	1
326	16	4	3	38	0	1
327	16	4	3	38	0	1
328	16	4	3	36	0	1
329	15	3	3	36	0	1
330	16	4	3	37	1	1
331	15	3	3	36	0	1
332	16	4	3	36	0	1
333	15	4	3	36	0	1
334	15	3	3	36	0	1
335	16	4	2	37	0	1
336	15	3	3	37	0	1
337	16	4	3	35	0	1
338	15	4	3	35	0	1
339	15	3	3	37	0	1
340	16	5	3	37	0	1
341	14	3	3	37	0	1
342	14	3	3	37	0	1
343	14	3	3	37	0	1
344	15	3	3	37	0	1
345	14	3	3	36	0	1
346	15	3	3	36	0	1
347	16	4	3	30	0	1
348	16	4	3	30	0	1
349	16	4	3	38	0	1
350	15	3	3	38	0	1
351	16	5	3	36	0	1
352	15	3	3	37	0	1
353	16	4	3	37	0	1
354	16	4	3	37	0	1
355	15	4	2	37	0	1
356	16	5	3	38	0	1
357	14	3	3	38	0	1
358	16	5	3	37	0	1

359	15	3	3	37	0	1
360	16	4	3	38	0	1
361	16	4	3	36	0	1
362	15	3	3	36	0	1
363	16	5	3	37	0	2
364	15	4	3	37	0	2
365	16	4	3	41	1	1
366	15	4	3	41	1	1
367	15	4	3	37	0	1
368	15	4	3	37	0	1
369	16	4	3	38	0	1
370	15	3	3	38	0	1
371	16	5	3	38	0	1
372	14	3	3	38	0	1
373	15	3	3	38	0	1
374	14	3	3	38	0	1
375	14	3	2	37	2	1
376	14	3	3	37	2	1
377	16	4	3	29	0	1
378	15	3	3	29	0	1
379	16	4	3	37	0	1
380	15	4	3	37	0	1
381	15	4	3	36	0	1
382	16	4	3	37	0	1
383	15	3	3	37	0	1
384	16	5	3	36	0	1
385	15	3	3	36	0	1
386	16	4	3	36	1	1
387	16	4	2	36	1	1
388	16	4	2	37	0	1
389	15	3	3	37	0	1
390	16	5	3	38	0	1
391	15	3	3	37	0	1
392	16	4	3	37	0	1
393	15	4	3	37	0	1
394	15	3	3	37	0	1
395	16	5	3	36	0	1
396	14	3	3	36	0	1
397	16	5	3	37	0	1
398	15	3	3	37	0	1
399	16	4	3	37	0	1
400	15	4	3	37	0	1
401	15	4	3	37	0	1
402	14	3	3	37	0	1
403	14	3	3	37	0	1
404	14	3	3	37	0	1
405	14	3	3	37	0	1
406	14	3	3	37	0	1
407	16	5	3	29	0	1
408	14	3	3	29	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

409	16	4	2	38	0	1
410	15	3	3	38	0	1
411	16	4	3	35	0	1
412	16	4	3	35	0	1
413	15	3	3	37	0	1
414	16	5	3	36	0	1
415	16	5	3	36	0	1
416	15	3	3	38	0	1
417	16	4	3	38	0	1
418	15	4	3	37	0	1
419	15	4	3	37	0	1
420	16	4	3	37	0	1
421	14	3	3	37	0	1
422	16	5	3	36	0	1
423	15	3	3	36	0	1
424	16	4	3	36	0	1
425	16	4	3	38	0	1
426	15	3	3	38	0	1
427	16	5	3	37	0	1
428	14	3	3	37	0	1
429	16	4	3	37	0	1
430	16	4	3	37	0	1
431	15	3	3	36	0	1
432	16	5	3	36	0	1
433	16	5	3	37	0	1
434	15	3	3	37	1	1
435	16	4	3	37	1	1
436	16	4	3	37	0	1
437	15	4	3	37	0	1
438	16	4	3	37	0	1
439	15	3	3	37	0	1
440	16	4	3	38	0	1
441	15	3	3	38	0	1
442	16	4	3	36	0	1
443	16	4	3	36	0	1
444	15	3	3	36	0	1
445	16	5	3	36	0	1
446	15	3	3	36	0	1
447	14	3	3	36	0	1
448	14	3	3	36	0	1
449	14	3	3	36	0	1
450	14	3	3	37	0	1
451	15	3	3	37	0	1
452	16	4	3	30	0	1
453	16	4	3	30	0	1
454	15	3	3	38	0	1
455	16	4	3	38	0	1
456	16	4	3	37	0	1
457	15	3	3	37	0	1
458	16	4	3	37	0	1

459	16	4	3	36	0	1
460	15	4	3	36	0	1
461	16	5	3	38	0	1
462	15	3	3	38	0	1
463	16	4	3	37	0	1
464	15	4	3	37	0	1
465	15	4	3	36	0	1
466	16	4	3	36	0	1
467	15	3	3	37	0	1
468	16	5	3	37	0	1
469	15	3	3	37	0	1
470	15	3	3	37	0	1
471	15	4	3	37	0	1
472	16	4	3	36	0	1
473	15	3	3	37	0	1
474	16	5	3	37	0	1
475	14	2	2	37	0	1
476	14	2	0	37	0	1

Caso de teste 3C

Data-hora Inicio = 2014-07-14 23:05:25

Data-hora Fim = 2014-07-14 23:16:00

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	12	0	0	36	0	1
1	14	2	1	12	4	1
2	15	4	3	12	4	1
3	16	5	3	25	2	2
4	16	5	3	25	2	2
5	16	4	3	41	0	1
6	15	3	3	41	0	1
7	16	5	3	37	0	0
8	15	3	3	38	0	1
9	16	4	3	38	0	1
10	15	4	3	38	0	1
11	15	4	3	38	0	1
12	14	3	3	38	0	1
13	14	3	3	38	0	1
14	14	3	3	38	0	1
15	14	3	3	37	0	1
16	14	3	3	37	0	1
17	16	5	3	30	1	1
18	15	3	3	30	1	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

19	16	4	3	37	0	1
20	16	4	3	37	0	1
21	15	4	3	36	1	1
22	16	5	3	38	0	1
23	15	3	3	38	0	1
24	16	5	3	37	0	1
25	15	3	3	37	0	1
26	15	3	3	37	0	1
27	16	4	3	37	0	1
28	16	4	3	37	0	1
29	15	3	3	37	0	1
30	16	5	3	37	0	1
31	15	3	3	37	0	1
32	16	5	3	37	1	1
33	15	3	3	37	0	1
34	15	4	3	37	0	1
35	16	5	3	37	0	1
36	15	4	3	37	0	1
37	16	5	3	41	0	1
38	15	3	3	41	0	1
39	16	4	3	36	0	1
40	15	4	3	36	0	1
41	15	4	3	36	0	1
42	14	3	3	36	0	1
43	14	3	3	36	0	1
44	14	3	3	36	0	1
45	14	3	3	36	0	1
46	14	3	3	37	2	1
47	16	5	3	29	0	1
48	15	3	3	29	0	1
49	15	3	3	37	0	1
50	16	4	3	37	0	1
51	15	4	3	36	0	1
52	15	4	3	36	0	1
53	16	5	3	38	0	1
54	14	3	3	38	0	1
55	16	5	3	37	1	1
56	15	3	3	37	0	1
57	16	4	3	37	0	1
58	16	4	3	37	0	1
59	15	3	3	37	0	1
60	16	5	3	37	0	1
61	15	3	3	37	0	1
62	16	4	3	38	2	1
63	16	4	3	38	2	1
64	16	4	3	37	0	2
65	16	5	3	44	1	1
66	14	3	3	44	1	1
67	16	5	3	36	0	1
68	15	4	3	36	0	1

69	16	4	3	37	0	1
70	16	4	3	37	0	1
71	16	4	3	37	2	1
72	15	4	2	37	2	1
73	16	5	3	38	0	1
74	15	3	3	38	0	1
75	16	5	3	37	0	1
76	15	3	3	38	0	1
77	16	4	3	38	0	1
78	15	4	3	37	0	1
79	15	3	3	37	0	1
80	16	5	3	37	0	1
81	14	3	3	37	0	1
82	16	5	3	37	0	1
83	15	3	3	37	0	1
84	16	4	3	36	1	1
85	16	4	3	36	1	1
86	15	3	3	36	1	1
87	14	3	3	36	1	1
88	15	3	3	36	1	1
89	14	3	3	36	1	1
90	14	3	3	37	0	1
91	15	3	3	37	0	1
92	16	4	3	30	0	1
93	16	4	3	30	0	1
94	15	3	3	37	0	1
95	16	4	3	36	0	1
96	16	4	3	36	0	1
97	15	3	3	36	0	1
98	16	4	3	36	0	1
99	16	4	3	36	0	1
100	15	3	3	36	0	1
101	17	5	3	38	0	2
102	15	3	3	38	0	2
103	16	4	3	40	5	1
104	15	4	3	37	0	1
105	15	4	3	37	0	1
106	16	4	3	38	2	1
107	15	3	3	38	2	1
108	16	5	3	37	0	1
109	15	3	3	37	0	1
110	16	4	3	37	0	1
111	15	4	3	37	0	1
112	15	4	3	36	0	1
113	16	4	3	36	0	1
114	15	3	3	38	0	1
115	15	3	3	37	0	1
116	16	4	3	37	0	1
117	15	3	3	36	0	1
118	16	4	3	36	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

119	15	4	3	37	2	1
120	15	3	3	37	2	1
121	16	5	3	37	0	1
122	15	3	3	37	0	1
123	16	4	3	37	0	1
124	15	4	3	37	0	1
125	15	3	3	37	0	1
126	16	5	3	36	1	1
127	15	3	3	36	1	1
128	17	5	3	37	0	1
129	15	3	3	37	0	1
130	16	4	3	38	0	1
131	16	4	3	38	0	1
132	15	3	3	36	0	1
133	16	4	3	36	0	1
134	15	3	3	36	0	1
135	16	5	3	36	4	2
136	16	5	3	36	4	2
137	16	4	3	42	0	1
138	15	3	3	42	0	1
139	16	5	3	37	0	1
140	15	3	3	37	0	1
141	16	5	3	38	0	1
142	15	3	3	37	2	1
143	16	4	3	37	2	1
144	15	4	3	37	0	1
145	15	4	3	37	0	1
146	16	5	3	38	0	1
147	14	3	3	38	0	1
148	16	5	3	37	0	1
149	15	3	3	37	0	1
150	16	4	3	37	0	1
151	16	4	3	37	0	1
152	15	4	3	37	0	1
153	16	4	3	37	0	1
154	15	3	3	37	0	1
155	16	5	3	38	0	1
156	15	3	3	38	0	1
157	16	4	3	36	0	1
158	15	4	3	36	0	1
159	15	4	3	37	0	1
160	15	4	3	37	0	1
161	16	5	3	37	0	1
162	14	3	3	37	0	1
163	14	3	3	37	0	1
164	14	3	3	37	0	1
165	14	3	3	37	0	1
166	14	3	3	37	0	1
167	16	4	3	30	0	1
168	15	3	3	30	0	1

169	16	4	3	38	0	1
170	15	3	3	38	0	1
171	16	4	3	35	0	1
172	16	4	3	38	0	1
173	15	3	3	38	0	1
174	16	5	3	37	0	1
175	15	3	3	37	0	1
176	17	5	3	38	0	2
177	15	4	3	38	0	2
178	16	4	3	43	8	1
179	15	4	3	43	8	1
180	15	4	3	38	10	1
181	16	4	3	38	10	1
182	15	3	3	38	0	1
183	15	3	3	37	2	1
184	16	4	3	37	2	1
185	15	3	3	36	0	1
186	16	4	3	36	0	1
187	16	4	3	37	1	1
188	15	3	3	37	1	1
189	16	4	3	36	0	1
190	15	3	3	36	0	1
191	16	4	3	36	0	1
192	14	3	3	36	0	1
193	14	3	3	36	0	1
194	14	3	3	36	0	1
195	14	3	3	35	0	1
196	14	3	3	35	0	1
197	16	4	3	30	0	1
198	15	3	3	30	0	1
199	16	4	3	36	0	1
200	15	4	3	36	0	1
201	16	5	3	37	0	1
202	18	6	3	49	0	1
203	15	3	3	49	0	1
204	16	5	3	43	0	1
205	15	3	3	43	0	1
206	15	3	3	37	0	1
207	16	4	3	37	0	1
208	16	4	3	37	0	1
209	15	3	3	37	0	1
210	16	5	3	38	0	1
211	15	3	3	38	0	1
212	16	4	3	36	0	1
213	15	4	3	37	0	1
214	15	4	3	37	0	1
215	16	4	3	37	0	1
216	14	3	3	37	0	1
217	16	5	3	36	0	1
218	15	3	3	36	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

219	16	4	3	37	0	1
220	15	4	3	37	0	1
221	15	4	3	37	0	1
222	14	3	3	37	0	1
223	14	3	3	37	0	1
224	14	3	3	37	0	1
225	14	3	3	37	0	1
226	14	3	3	37	0	1
227	16	5	3	30	0	1
228	15	3	3	30	0	1
229	15	3	3	38	0	1
230	15	4	3	38	0	1
231	16	4	3	37	0	1
232	15	3	3	37	0	1
233	16	5	3	38	1	1
234	15	3	3	37	0	1
235	16	4	3	37	0	1
236	15	4	3	38	0	1
237	15	4	3	38	0	1
238	16	5	3	37	0	1
239	14	3	3	37	0	1
240	16	5	3	37	0	1
241	15	3	3	37	0	1
242	16	4	3	37	0	1
243	15	4	3	37	0	1
244	15	4	3	37	0	1
245	16	5	3	37	0	1
246	15	3	3	37	0	1
247	17	5	3	37	6	2
248	15	4	3	37	6	2
249	16	4	3	42	0	1
250	16	4	3	42	0	1
251	15	4	3	37	0	1
252	16	4	3	37	0	1
253	16	5	3	38	2	1
254	15	3	3	38	2	1
255	16	5	3	38	0	1
256	15	3	3	38	0	1
257	16	4	3	38	0	1
258	16	4	3	36	0	1
259	15	3	3	36	0	1
260	16	5	3	38	0	1
261	14	3	3	38	0	1
262	16	5	2	37	0	1
263	15	3	3	37	0	1
264	16	4	3	37	1	1
265	16	4	3	37	1	1
266	15	4	3	37	1	1
267	14	3	3	37	1	1
268	15	3	3	37	1	1

269	14	3	3	37	1	1
270	14	3	3	37	0	1
271	15	3	3	37	0	1
272	15	4	3	29	3	1
273	15	4	3	29	3	1
274	16	4	3	36	0	1
275	15	3	3	37	0	1
276	16	5	3	37	0	1
277	15	3	3	36	0	1
278	16	4	3	36	0	1
279	16	4	3	37	0	1
280	15	3	3	37	0	1
281	16	5	3	37	0	1
282	14	3	3	37	0	1
283	16	5	3	37	0	1
284	15	3	3	37	0	1
285	16	4	3	37	0	1
286	16	4	3	37	0	1
287	15	3	3	37	0	1
288	16	5	3	37	0	1
289	15	3	3	37	0	1
290	16	4	3	37	0	1
291	16	4	3	37	0	1
292	15	3	3	37	0	1
293	15	3	3	37	0	1
294	16	5	3	37	0	1
295	15	4	3	37	0	1
296	18	6	3	37	0	1
297	14	3	3	37	0	1
298	15	3	3	37	0	1
299	15	3	3	37	0	1
300	14	3	3	40	0	1
301	14	3	3	40	0	1
302	16	5	3	34	0	1
303	14	3	3	34	0	1
304	16	5	3	37	2	1
305	15	3	3	37	2	1
306	16	4	3	37	0	1
307	15	4	3	38	0	1
308	15	4	3	38	0	1
309	16	5	3	37	0	1
310	15	3	3	37	0	1
311	16	5	3	38	0	1
312	15	3	3	38	0	1
313	16	4	3	36	0	1
314	15	4	3	36	0	1
315	15	4	3	37	0	1
316	15	3	3	37	0	1
317	16	5	3	37	0	1
318	15	3	3	35	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

319	16	4	3	35	0	1
320	16	4	3	38	0	1
321	15	3	3	38	0	1
322	16	5	3	38	0	1
323	15	3	3	38	0	1
324	16	5	3	37	0	1
325	15	4	3	37	0	1
326	15	4	3	37	0	1
327	15	3	3	37	0	1
328	14	3	3	37	0	1
329	15	3	3	37	0	1
330	14	3	3	38	0	1
331	14	3	3	38	0	1
332	15	4	3	30	0	1
333	16	4	3	30	0	1
334	16	4	3	38	0	1
335	15	3	3	38	0	1
336	16	5	3	36	0	1
337	15	3	3	36	0	1
338	16	4	2	37	0	1
339	16	4	3	38	0	1
340	15	3	3	38	0	1
341	16	5	3	36	0	1
342	15	4	3	36	0	1
343	16	4	3	37	0	1
344	16	4	3	37	0	1
345	15	4	3	37	0	1
346	16	5	3	37	0	1
347	14	3	3	40	0	1
348	16	5	3	37	0	1
349	16	5	3	37	0	1
350	15	3	3	37	2	1
351	16	4	3	37	2	1
352	16	4	3	37	0	1
353	15	3	3	37	0	1
354	16	5	3	38	0	1
355	14	3	3	38	0	1
356	16	5	3	38	0	1
357	15	4	3	38	0	1
358	15	4	3	37	0	1
359	16	4	3	36	0	1
360	15	3	3	36	0	1
361	16	5	3	37	0	1
362	15	3	3	37	0	1
363	16	4	3	36	0	1
364	15	4	3	36	0	1
365	15	4	3	38	0	1
366	15	4	3	38	0	1
367	16	5	3	37	0	1
368	14	3	3	37	0	1

369	16	4	3	37	0	1
370	15	4	3	37	0	1
371	15	4	3	37	0	1
372	14	3	3	37	0	1
373	14	3	3	37	0	1
374	14	3	3	37	0	1
375	14	3	3	36	0	1
376	14	3	3	36	0	1
377	16	4	3	29	0	1
378	15	3	3	29	0	1
379	16	4	3	36	0	1
380	16	4	3	38	0	1
381	15	3	3	38	0	1
382	16	5	3	38	0	1
383	14	3	3	38	0	1
384	16	4	3	37	0	1
385	15	4	3	37	0	1
386	16	4	3	36	0	1
387	16	4	3	36	0	1
388	15	3	3	38	0	1
389	15	3	3	38	0	1
390	16	5	3	37	0	1
391	15	3	3	38	0	1
392	16	4	3	38	0	1
393	15	4	3	37	0	1
394	15	4	3	37	0	1
395	16	4	3	38	1	1
396	15	3	3	38	1	1
397	16	5	3	37	0	1
398	15	3	3	37	0	1
399	15	4	3	37	0	1
400	16	4	3	37	0	1
401	15	3	3	37	0	1
402	14	3	3	37	0	1
403	14	3	3	37	0	1
404	14	3	3	37	0	1
405	14	3	3	36	0	1
406	15	4	3	36	0	1
407	15	4	3	29	0	1
408	16	5	3	29	0	1
409	14	3	3	36	0	1
410	14	3	3	37	0	1
411	16	4	3	37	0	1
412	15	4	3	36	0	2
413	16	5	3	36	0	2
414	15	4	3	41	1	1
415	15	4	3	41	1	1
416	16	4	3	37	0	0
417	15	3	3	37	0	0
418	16	5	3	37	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

419	15	3	3	37	0	1
420	16	4	3	37	0	1
421	16	4	3	36	2	1
422	15	3	3	36	2	1
423	16	5	3	37	0	1
424	15	3	3	37	0	1
425	16	4	3	37	0	1
426	15	4	3	37	0	1
427	15	3	3	37	0	1
428	16	5	3	37	0	1
429	14	3	3	36	0	1
430	14	3	3	36	0	1
431	16	5	3	36	0	1
432	14	3	3	36	0	1
433	14	3	3	36	0	1
434	14	3	3	36	0	1
435	14	3	3	38	0	1
436	14	3	3	38	0	1
437	16	4	3	29	0	1
438	15	3	3	29	0	1
439	16	5	3	37	0	1
440	15	3	3	37	0	1
441	16	4	3	37	0	1
442	16	4	3	36	0	1
443	15	3	3	36	0	1
444	16	4	3	38	0	1
445	15	3	3	38	0	1
446	16	4	3	36	0	1
447	16	4	3	36	0	1
448	15	3	3	38	0	1
449	16	5	3	37	0	1
450	15	3	3	37	0	1
451	15	3	3	37	0	1
452	16	4	3	37	0	1
453	15	4	3	38	0	1
454	15	4	3	38	0	1
455	16	5	3	37	0	1
456	15	3	3	37	0	1
457	16	5	3	38	0	1
458	15	3	3	38	0	1
459	16	4	3	36	0	1
460	16	4	3	38	0	1
461	15	3	3	38	0	1
462	16	5	3	37	0	1
463	15	3	3	37	0	1
464	16	5	3	37	0	1
465	15	3	3	37	0	1
466	16	4	3	37	0	1
467	15	4	3	37	0	1
468	15	3	3	37	4	1

469	16	5	3	37	4	1
470	14	3	3	37	0	1
471	16	5	3	37	0	1
472	15	3	3	37	0	1
473	15	3	3	37	0	1
474	16	4	3	37	0	1
475	16	4	3	37	0	1
476	15	4	3	37	0	1
477	14	3	3	37	0	1
478	14	3	3	37	0	1
479	14	3	3	37	0	1
480	15	3	3	37	0	1
481	14	3	3	37	0	1
482	17	5	3	30	0	1
483	15	4	3	30	0	1
484	16	5	3	41	4	2
485	15	4	3	41	4	2
486	15	4	3	40	0	1
487	16	4	3	38	0	1
488	14	3	3	38	0	1
489	17	5	3	36	1	1
490	15	3	3	36	1	1
491	16	4	3	39	0	1
492	16	4	3	39	0	1
493	16	4	3	37	0	1
494	15	3	3	37	0	1
495	16	5	3	37	0	1
496	15	3	3	37	0	1
497	16	4	3	37	0	1
498	15	4	3	36	0	1
499	15	4	3	36	0	1
500	16	5	3	38	2	1
501	15	3	3	38	2	1
502	16	5	3	37	0	1
503	15	3	3	37	0	1
504	16	4	3	37	0	1
505	15	4	3	37	0	1
506	15	4	3	38	0	1
507	16	4	3	37	0	1
508	14	3	3	37	0	1
509	14	3	3	36	1	1
510	16	4	3	36	1	1
511	15	4	3	37	0	1
512	15	4	3	37	0	1
513	16	5	3	36	0	1
514	15	3	3	36	0	1
515	16	4	3	37	0	1
516	16	4	3	36	0	1
517	15	3	3	36	0	1
518	16	4	3	38	0	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

519	15	3	3	38	0	1
520	16	5	3	35	0	1
521	15	3	3	35	0	1
522	15	4	3	37	0	1
523	16	4	3	37	0	1
524	15	3	3	37	0	1
525	16	5	3	39	0	1
526	15	3	3	39	0	1
527	15	3	3	36	1	1
528	16	4	3	36	1	1
529	16	4	3	36	0	1
530	15	3	3	36	0	1
531	16	5	3	37	0	1
532	14	3	3	37	0	1
533	16	5	3	37	0	1
534	15	3	3	37	0	1
535	16	4	3	37	3	1
536	16	4	3	39	0	1
537	15	3	3	39	0	1
538	16	5	3	37	0	1
539	14	3	3	37	0	1
540	16	4	3	36	1	1
541	16	4	3	36	1	1
542	16	4	3	37	0	1
543	15	3	3	37	0	1
544	16	5	3	37	0	1
545	15	3	3	37	0	1
546	16	4	3	37	0	1
547	15	4	3	37	0	1
548	15	4	3	37	0	1
549	16	5	3	37	0	1
550	14	3	3	37	0	1
551	16	4	3	37	0	1
552	15	4	3	37	0	1
553	16	4	3	36	0	1
554	16	4	3	38	0	1
555	15	3	3	38	0	1
556	16	5	3	37	0	1
557	14	3	3	37	0	1
558	16	5	3	37	0	1
559	15	3	3	37	0	1
560	15	4	3	37	0	1
561	16	4	3	37	0	1
562	15	3	3	36	0	1
563	15	3	3	36	0	1
564	16	5	3	37	0	1
565	15	3	3	37	0	1
566	16	4	3	37	0	1
567	15	4	3	37	1	1
568	15	4	3	37	1	1

569	16	4	3	37	0	1
570	15	3	3	37	0	1
571	16	4	3	39	0	1
572	15	3	3	39	0	1
573	16	4	3	35	0	1
574	16	4	3	35	0	1
575	15	3	3	39	0	1
576	16	5	3	37	1	1
577	15	3	3	37	1	1
578	16	5	3	38	0	1
579	15	3	3	38	0	1
580	16	4	3	38	0	1
581	14	3	3	38	0	1
582	14	3	3	38	0	1
583	14	3	3	38	0	1
584	14	3	3	38	0	1
585	14	3	3	38	0	1
586	15	3	3	38	0	1
587	16	4	3	30	0	1
588	15	3	3	30	0	1
589	16	5	3	38	0	1
590	14	3	3	38	0	1
591	16	5	3	37	0	1
592	15	3	3	37	0	1
593	16	4	3	38	0	1
594	16	4	2	37	0	1
595	15	4	3	37	0	1
596	16	5	3	38	0	1
597	15	3	3	38	0	1
598	16	4	3	37	0	1
599	15	4	3	37	0	1
600	15	4	3	38	0	1
601	15	4	3	38	0	1
602	16	5	3	38	0	1
603	15	3	3	37	0	1
604	16	4	3	37	0	1
605	15	4	3	36	0	1
606	15	4	3	36	0	1
607	16	5	3	37	0	1
608	15	3	3	37	0	1
609	16	4	3	37	0	1
610	15	4	3	37	0	1
611	15	4	3	37	0	1
612	14	3	3	37	0	1
613	14	3	3	37	0	1
614	15	3	3	37	0	1
615	15	3	2	37	0	1
616	15	3	3	37	0	1
617	16	4	3	31	2	1
618	16	4	3	31	2	1

O Contributo dos Testes de Software para a sua Conceção mais Eficiente do Ponto de Vista Energético

619	15	3	3	38	0	1
620	16	5	3	38	0	1
621	16	5	3	38	0	0
622	15	3	3	37	2	1
623	16	5	3	37	2	1
624	15	3	3	37	0	1
625	16	4	3	37	0	1
626	16	4	3	38	0	1
627	15	3	3	38	0	1
628	16	4	3	37	0	1
629	15	3	3	37	0	1
630	16	4	3	36	0	1
631	16	4	3	37	0	1
632	15	3	3	37	0	1
633	16	4	3	37	0	1
634	14	3	2	37	0	1
635	14	2	0	36	0	4

Caso de teste 4A

Data-hora Inicio = 2014-07-14 23:20:24

Data-hora Fim = 2014-07-14 23:20:26

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	15	4	0	19	1	2
1	17	6	1	31	3	1
2	16	5	0	47	8	2

Caso de teste 4B

Data-hora Inicio = 2014-07-14 23:22:00

Data-hora Fim = 2014-07-14 23:22:47

Test Time (s)	Total Power (W)	CPU (W)	Application (W)	Total CPU Usage [%]	Total Activity [%]	GPU D3D Usage [%]
0	12	1	0	17	2	2
1	15	3	1	17	2	2
2	15	4	3	30	0	2
3	16	4	2	30	0	2

4	16	4	3	40	0	1
5	15	3	3	40	0	1
6	16	5	3	38	0	1
7	15	3	3	38	0	1
8	16	4	3	36	0	1
9	16	4	3	38	6	2
10	15	4	3	38	6	2
11	16	5	3	39	0	1
12	14	3	3	39	0	1
13	16	5	3	37	0	1
14	15	3	3	37	0	1
15	16	4	3	37	0	1
16	16	4	3	37	0	1
17	16	4	3	40	90	2
18	16	4	3	40	90	2
19	16	4	3	41	9	1
20	15	3	3	41	9	1
21	17	5	3	41	9	1
22	14	3	3	41	9	1
23	14	3	3	41	9	1
24	14	3	3	41	9	1
25	14	3	3	38	0	1
26	15	3	3	38	0	1
27	16	4	3	31	84	1
28	17	5	3	31	84	1
29	16	5	3	43	100	1
30	16	4	3	43	100	1
31	16	4	3	40	100	1
32	15	3	3	40	100	1
33	17	5	3	38	100	1
34	17	5	3	38	100	1
35	17	5	3	36	100	1
36	17	5	3	36	100	1
37	15	3	3	38	100	1
38	16	4	3	38	100	1
39	17	5	2	37	55	2
40	15	4	3	37	55	2
41	16	4	3	45	6	1
42	16	4	3	37	0	1
43	15	3	3	37	0	1
44	16	5	3	38	0	1
45	15	3	3	38	0	1
46	16	4	3	37	0	1
47	18	6	0	41	1	3

Anexo V

Proposta de Plano de Teste decorrente do trabalho apresentado.

Plano de Testes ao Consumo Energético
da Aplicação/Programa _____

Documento confidencial?

Sim Não

Data ____/____/____201____

Localidade _____

Nome do Tester _____

Nível de Responsabilidade: Operacional Líder Gestor

Empresa _____

Cliente _____

A – Informação Técnica

1. Equipamento(s) de Medição Disponível(eis)

1.1 Designação Comercial Wattímetro _____

1.2 Designação Comercial Pinça Amperimétrica _____

1.3 Outro. Designação Comercial _____

2. Tipo e Nome Comercial do SO

(se no ponto 1, for escolhido Joulemeter, o Windows 7 é de possibilidade única)

SO Linux: Ubuntu Suse Fedora Debian Outro.

SO Windows: XP Vista 7 8 Outro.

SO Mac OS: Lion (10.7) Mountain L. (10.8) Mavericks (10.9) Outro.

2.1 Arquitetura: 32 bits (x86) 64 bits (x64) Outra. Qual? _____

3. Especificações *System Under Test*

Código Referência _____

3.1 Tipo Equipamento Desktop Portátil/Netbook

3.1.1 Fonte de Energia Bateria Corrente Contínua

3.2 Designação Comercial Processador: _____

3.2.1 Quant. Núcleos 1 core 2 core 4 core Outros. Quant. _____

3.2.2 Velocidade: _____ MHz

3.3 Quant. Memória RAM 512 MB 1 GB 4 GB Outros. Quant. _____

3.4 Designação Comercial Disco Rígido _____

3.4.1 RPM: 4800 rpm 5200 rpm 7200 rpm Outros. Quant. _____

3.4.2 Espaço 120 GB 500 GB 1 TB Outros. Quant. _____

3.4.3 Fator da Forma 2,5" 3,5" Outros. Quant. _____

3.5 Designação Comercial Placa Gráfica _____

3.5.1 Quant. Memória: 256 MB 512 MB 1 GB Outros. Quant. _____

3.6 Designação Comercial Placa Mãe _____

3.7 Tipo de Sistema de Refrigeração (maioritário): Ar Líquida

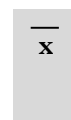
4. Informações Energéticas

4.1 CMiEG: _____ (W) 4.1.1 CMiEG do Ensaio: _____ (W)

4.1.1 Apurado via: Wattímetro Pinça Amperimétrica Joulemeter

(Após 5 minutos, preencher quadro do cálculo do CMiEG)

Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ts	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Watt												



4.2 CMaEG: _____ (W)

4.3 TDP: CPU ____ (W) GPU ____ (W) Disco Rígido ____ (W) Placa-mãe ____ (W)

B – Casos de Teste

Caso Teste N° _____

Funcionalidade da aplicação/programa a testar: _____

Objetivo energético: _____

Técnica de Teste Dinâmica: Caixa-Preta Caixa-Branca

Orientação Psicológica do Teste ao Acerto ao Erro

Fase de desenvolvimento do SW Beta Release Candidate Final

Medição via: Wattímetro Pinça Amperimétrica Joulemeter

Script do teste automático (se aplicável)

Medições Apuradas Finais – Resumo⁶³

(ver página seguinte)

⁶³ No formato físico deve ficar guardado o resumo do ensaio. Os dados digitais são guardados na sua totalidade.

Código Referência (SUT) _____ Caso Teste Nº _____

Ensaio Nº _____ Hora Início: _____:_____

Temperatura inicial: CPU ___°C GPU ___°C HD ___°C MB ___°C

Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ts	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Total Power (W)												
CPU (W)												
Application (W)												
Total CPU Usage (%)												
Total Activity (%)												
GPU D3D Usage (%)												

Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ts	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Total Power (W)												
CPU (W)												
Application (W)												
Total CPU Usage (%)												
Total Activity (%)												
GPU D3D Usage (%)												

Temperatura final: CPU ___°C GPU ___°C HD ___°C MB ___°C

Notas _____

Resultado Final do Ensaio – Valores Médios

Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ts	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Total Power (W)												
CPU (W)												
Application (W)												
Total CPU Usage (%)												
Total Activity (%)												
GPU D3D Usage (%)												

Registo Digital Arquivado em _____

Notas _____

Tester Responsável pelo Ensaio

(____/_____/_201__ __:__)