

# A emulação de consoles como um artefato além da diversão

Caique R. Marques, Gustavo Zambonin, Douglas M. B. Martins

`{c.r.marques,gustavo.zambonin,marcelino.douglas}@grad.ufsc.br`

Tópicos Especiais em Aplicações Tecnológicas III (UFSC – INE5450)

## 1 Prefácio

Caracteriza-se como emulador todo hardware e software que habilita um computador a comportar-se como outro sistema completamente diferente. Um emulador tipicamente permite o uso de software programado para o sistema emulado, assim expandindo a usabilidade do sistema original, e consequentemente, preservando software para que seja conhecido no futuro. O desenvolvimento de tais construtos mostra-se extremamente complicado, pois envolve o entendimento e simulação de diversos componentes de um sistema que, por vezes, pode ser muito antigo ou desconhecido.

Usualmente, um emulador é dividido em subsistemas: porções de código que correspondem grosseiramente às partes do sistema alvo, como um simulador do processador, um módulo de memória, vários dispositivos de entrada e saída, bem como outros componentes: processadores de uso específico, periféricos e eventuais barramentos necessários para a comunicação entre tais subsistemas.

Emuladores também podem estender as funcionalidades do sistema alvo; a aplicação de *aliasing* é extremamente comum para melhor qualidade dos gráficos; latência diminuída no sistema de áudio; maior capacidade para armazenamento de progresso; e por vezes é possível criar um sistema de comunicação entre emuladores de modo a habilitar o *multiplayer*.

Esse tipo específico de computação aplicada será discutida a partir de alguns tópicos, enumerados abaixo, de modo a apresentar uma visão geral do estado da vanguarda de emulação, seus benefícios e malefícios.

## 2 Combate à obsolescência

Um software está restrito a funcionar de acordo com as características do(s) hardware(s) para o qual ele será destinado, portanto, nada pode garantir que este mesmo software funcionará posteriormente, o que também poderá culminar com o baixo uso

e a raridade do software. Assim como qualquer registro histórico, softwares também carregam informações de épocas nos quais eles foram criados e para poder acessar seu conteúdo, são necessários o conhecimento e ferramentas da época pertencente.

Uma das principais motivações dos emuladores é garantir a preservação do software para o futuro, seja para usos pessoais, seja para estudos. Para garantir a mesma experiência que o software oferecia para a época, é desejável uma adaptação fiel da máquina em que ele foi designado originalmente, portanto, será necessário uma simulação de tal hardware em outra máquina, que exige mais desempenho e exige mais requisitos que o hardware original.

Entretanto, emuladores também podem ser considerados como uma forma ilegal de usar o software, tendo em vista que os direitos para uso não estão sendo pagos; assim, desenvolvedores criam métodos de proteção do software contra cópias não autorizadas, sendo impossível usá-lo a não ser na(s) máquina(s) para o qual ele foi designado. No SNES, o jogo Earthbound contém múltiplas verificações em endereços de memória específicos que eram comumente alterados em cópias piratas; caso tais modificações fossem encontradas, o número de encontros aleatórios com inimigos aumenta drasticamente, e ao chegar em um certo ponto no final do jogo, todo o progresso será deletado.

Recentemente tem existido um grande interesse por parte de empresas de jogos por preservar seus lançamentos para o futuro e, também, por mostrar seus trabalhos passados para a atual geração, neste caso, seja por plataformas que consigam executá-las, seja por terceiros, trabalhando para a conversão para atuais plataformas. A tendência dos relançamentos de jogos passados, por exemplo, é melhorar a experiência e adaptar os requisitos de um jogo para os padrões atuais.

### 3 Visão técnica

Emuladores essencialmente convertem informação binária escrita para funcionar em um sistema para algo equivalente que possa executar em outro sistema desejável. Essa conversão é geralmente feita traduzindo tais informações, na forma de instruções, para equivalentes no sistema desejável. Entretanto, uma conversão exata beira o impossível, e a adaptação do comportamento antigo para novos sistemas mostra-se uma grande dificuldade na elaboração de software de emulação. Conhecimento profundo sobre todas as partes do hardware a ser emulado é necessário para que a comunicação entre estas seja programada corretamente

Tipicamente, consideram-se três formas de abordar a emulação no âmbito técnico: a interpretação, e a tradução binária (ou recompilação, que por sua vez, pode ser estática ou dinâmica).

- Na interpretação, a informação binária é lida e cada instrução é decodificada e executada, toda vez que é encontrada. Geralmente, este método é o mais fácil de ser implementado (e conseqüentemente, sincronizado, depurado e portado),

mas também o mais lento. O algoritmo genérico para este tipo de emulação pode ser resumido como:

```
faça
    busque a próxima instrução da memória emulada
    execute a instrução
    verifique quaisquer interrupções
enquanto ( CPU está rodando )
```

- A tradução binária dinâmica elimina o laço supracitado traduzindo pequenas sequências de código (como um bloco básico) e armazenando tais informações para que possam ser referenciadas em um momento posterior. A ideia por trás desta abordagem é diminuir o tempo de tradução, que é um grande gargalo para o desempenho do software, e referenciar código armazenado o máximo possível. Este método é o mais comum por conseguir lidar com qualquer tipo de código, incluindo porções que podem mudar ao longo da execução, mas a dificuldade de implementar a sincronização entre as operações aumenta exponencialmente. Um emulador conhecido que utiliza a compilação JIT<sup>1</sup> é o [Dolphin](#).
- A tradução binária estática funciona de maneira similar à dinâmica, salvando o resultado em disco ou na memória, para referência posterior. Porém, esta técnica usualmente falha quando o código pode ser modificado no meio da execução, já que não existe tradução disponível para as novas informações. Assim, este método é geralmente combinado com um tradutor binário dinâmico ou um interpretador.

## 4 Desempenho

O emulador [higan](#) v095, obtido de maneira usual pelo gerenciador de pacotes do sistema operacional Arch Linux, foi testado com o jogo Super Mario World em três sistemas de especificações variadas: um Raspberry Pi 1 Model B (Broadcom BCM2835), para representar a performance no âmbito portátil; um laptop de desempenho médio (Intel Core i5-4210U @ 1.70GHz, GeForce GT 740M); e um computador de mesa (Intel Core i3-2100 @ 3.10GHz, Intel HD Graphics 2000).

Os resultados foram obtidos a partir da execução do emulador com o *backend* de vídeo SDL<sup>2</sup>, e são mensurados em FPS<sup>3</sup>. Os núcleos otimizados para precisão (*accuracy*), desempenho (*performance*) e “meio- termo” (*balanced*) foram unificados em versões mais novas do emulador em virtude da vasta complexidade necessária para mantê-los; assim, resultados com tais versões podem ser diferentes.

---

<sup>1</sup>*just-in-time*, ou seja, compilação feita durante a execução de um programa. Pode empregar a recompilação dinâmica como um método de otimização.

<sup>2</sup>Simple DirectMedia Layer — <https://www.libsdl.org/>

<sup>3</sup>*frames per second*, a frequência em que um dispositivo de processamento de imagens produz consecutivas imagens, chamadas de quadros.

	BCM2835			Core i5			Core i3		
	min	med	max	min	med	max	min	med	max
<b>higan-accuracy</b>	1	1	2	49	56	60	56	58	59
<b>higan-balanced</b>	2	2	3	60	60	61	169	180	189
<b>higan-performance</b>	2	2	3	59	60	61	293	302	311

Tabela 1: Desempenho de vários sistemas rodando **higan**. Valores médios são aproximados para baixo.

Emuladores requerem hardware mais maduro do que o sistema alvo; os recursos necessários para simular um sistema completo em software são extraordinários, como é possível verificar nos resultados acima. O console SNES funcionava, a uma taxa de quadros de no mínimo 30 FPS, com o processador Ricoh 5A22 operando a 3.58 MHz, enquanto o BCM2835 presente no Raspberry Pi testado contém um ARM1176JZF-S com frequência de 700 MHz – cerca de duzentas vezes maior.

Porém, a precisão obtida com esta grande perda de desempenho é notável em alguns casos especiais, caso a emulação seja concebida corretamente em software. Por exemplo, diferentemente da maioria dos emuladores, **higan** renderiza a S-PPU<sup>4</sup> pixel por pixel, enquanto a estratégia comum baseia-se em renderizar a *scanline*<sup>5</sup> inteira a partir de um ponto fixo. A emulação torna-se 40% mais lenta [3] com esta tática, porém faz uma grande diferença no jogo Air Strike Patrol, que utiliza pedidos de interrupção (IRQs) especialmente sincronizados de modo a ajustar o registrador de brilho da tela, para criar um sombreado translúcido embaixo do avião controlado pelo jogador.



Figura 1: À esquerda, a sombra do avião é corretamente emulada, desenhando a *scanline* com valores de brilho heterogêneos. À direita, a emulação incorreta: não existe uma referência para acertar inimigos, aumentando a dificuldade do jogo. Imagem retirada de [2].

<sup>4</sup>SNES Picture Processing Unit

<sup>5</sup>linhas de uma imagem que é composta por pixels, como em um monitor CRT.

## 5 Segundo a lei

As leis variam dependendo do país, mas no geral, o uso de emuladores é taxado como ilegal por infringir direitos autorais. No Brasil, de acordo com o Inciso I do Art. 6º de [1], é legal o usuário copiar

(...) um só exemplar, de cópia legitimamente adquirida, desde que se destine à cópia de salvaguarda ou armazenamento eletrônico, hipótese em que o exemplar original servirá de salvaguarda.

ou seja, o usuário só poderá ter uma (e apenas uma) ROM<sup>6</sup> de um jogo, se ele já tiver a cópia original. Ainda, a ROM serve apenas para fins de armazenamento e seu uso é apenas válido caso a cópia original adquirida esteja indisponível.

Na questão de domínio público, o § 2º do Art. 2º de [1] descreve que

Fica assegurada a tutela dos direitos relativos a programa de computador pelo prazo de cinquenta anos, contados a partir de 1º de janeiro do ano subsequente ao da sua publicação ou, na ausência desta, da sua criação.

Portanto, um programa pode entrar em domínio público apenas cinquenta anos após a publicação (ou a criação, caso não tenha sido publicado), antes disto, os direitos permanecem a quem os detêm, mesmo que não haja uso ativo do programa. Assim como obras artísticas, o período para que um programa entre em domínio público varia dependendo do país. Nos Estados Unidos, por exemplo, tais obras só são configuradas como domínio público após setenta e cinco anos desde a data de publicação.

Para contornar o uso de emuladores e disponibilizar jogos que já não são acessíveis em mídia original, algumas empresas publicam coletâneas ou relançamentos dos jogos para as mais variadas plataformas por preços mais reduzidos; porém, em alguns casos, tais emulações são feitas de modo divergente ao funcionamento original, assim danificando a preservação do software.

## 6 Epílogo

O principal problema enfrentado pelos emuladores é garantir a fidelidade do hardware em que ele quer simular, exigindo conhecimento profundo deste hardware, mesmo assim, a sua simulação nunca chega a total fidelidade, visto as capacidades das máquinas de conseguir emular uma outra arquitetura em si, mas consegue apresentar o proposito em que o hardware original, juntamente com softwares, quiseram passar.

O uso ainda é assunto de debate, apesar de emuladores serem taxados como ilegais, por também ser um meio de usufruir de tecnologias sem pagar os direitos autorais. No entanto, até mesmo no mercado, emuladores são usados para fins de estudo,

---

<sup>6</sup>*Read-Only Memory*, abreviação comum para referenciar o arquivo copiado da mídia original.

como foi o caso do programador e game designer Yuji Naka, conhecido como um dos criadores do personagem de videogames Sonic the Hedgehog, que trabalhou no desenvolvimento de um emulador de Famicom (conhecido como Nintendo Entertainment System no ocidente) para o Mega Drive, que era concorrente do console na época, no final dos anos 1980, o resultado, segundo ele, não foi satisfatório - isto é um dos primeiros registros de emuladores entre consoles de videogame.

Emuladores são ferramentas de estudo, com eles é possível simular um hardware e verificar softwares que até então não poderiam ser analisados, seja por indisponibilidade, seja por questões práticas específicas. Emuladores são cápsulas do tempo, possibilitam o averiguamento de tecnologias mais antigas, trazendo informações e o conhecimento passados que são fundamentais para o estudo da história humana.

## Referências

- [1] Brasil. Lei nº 9.609, de 18 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre a proteção da propriedade intelectual de programa de computador, sua comercialização no País, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, 1998. Acesso em: 23 Jun. 2016.
- [2] byuu. Accuracy takes power: one man's 3GHz quest to build a perfect SNES emulator. <http://archive.is/rrZLY>. Acesso em: 21 Mar. 2016.
- [3] byuu. The State of Emulation, Part III. <http://archive.is/Nz2zR>. Acesso em: 15 Mar. 2015.