

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS PARA
INTERNET**

DANIEL GUERRA BARRELIM

**USO DE FERRAMENTAS DE RECUPERAÇÃO DE ARQUIVOS EM
SISTEMAS NTFS E FAT32**

MORRINHOS – GO

2016

DANIEL GUERRA BARRELIM

**USO DE FERRAMENTAS DE RECUPERAÇÃO DE ARQUIVOS EM
SISTEMAS NTFS E FAT32**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia de Sistemas para Internet do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, como requisito parcial para obtenção de título de Tecnólogo em Sistemas para Internet.

Área de concentração: Sistemas Operacionais.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Barbosa Matos.

MORRINHOS – GO

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Câmpus Morrinhos

B271u Barrelim, Daniel Guerra.

Uso de ferramentas de recuperação de arquivos em sistemas NTFS e FAT32 / Daniel Guerra Barrelim. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2016.

140 f. : il. : color.

Orientador: Dr. Fernando Barbosa Matos.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal Goiano Câmpus Morrinhos, Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet, 2016.

1. Recuperação de arquivo. 2. Exclusão de arquivo. 3. Formatação de arquivo I. Matos, Fernando Barbosa. II. Instituto Federal Goiano. Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet. III. Título

CDU 004.45(043)

DANIEL GUERRA BARRELIM

**USO DE FERRAMENTAS DE RECUPERAÇÃO DE ARQUIVOS EM
SISTEMAS NTFS E FAT32**

Data da defesa: 22/01/2016

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

ASSINATURAS

Prof. Dr. Fernando Barbosa Matos
Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos

Prof. Dr. _____

Prof. Msc. Marcel da Silva Melo
Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos

Prof. MSc _____

Marcos Vinícius Santana Tecgº
Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos

MORRINHOS – GO

2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de conclusão a Deus, a meus pais, por todo o apoio e amor a mim dedicados, ao meu orientador e a minha namorada Poliana Marques Campos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Fernando Barbosa Matos pelo apoio e encorajamento contínuos no decorrer da pesquisa.

A todos os professores do curso Tecnologia em Sistemas para Internet.

Um agradecimento especial ao meu amigo Breno Rodrigues de Sá, por toda a ajuda a mim cedida.

Agradeço também a todos os meus amigos, que participaram comigo desta etapa, de forma direta ou indireta.

Agradeço aos membros da banca, parte essencial desse momento, em especial ao amigo Marcos Vinícius Santana pela amizade e ajuda na escolha do tema.

Agradeço também ao meu cachorro Spike, por não ter comido meu trabalho, e ao meu notebook, por não ter quebrado durante o estudo.

"Não há nada mais insano do que fazer as coisas sempre da mesma maneira e esperar que os resultados sejam diferentes."

(Albert Einstein)

RESUMO

A recuperação de arquivos perdidos é uma temática importante na atualidade. Com a facilidade de obtenção desta tecnologia, gerando a perda de dados devido à falta de não se realizar um *backup* de seus dados. Devido a isso, softwares de recuperação de arquivos se tornam cada dia mais comuns, em busca da recuperação de memórias ou documentos importantes. Programas como o Recuva, Test Disk e PC Inspector File Recovery surgem nesse cenário para solucionar tais problemas. A temática do trabalho é fazer uma análise sobre os principais softwares gratuitos presentes no mercado, em casos de exclusão e formatação acidental. Após isso, mostrará os resultados obtidos, fazendo um comparativo entre eles, avaliando o desempenho dos aplicativos em cada tipo de arquivo: imagens, áudio, documentos e vídeos.

Palavras-chave: recuperação de arquivos; exclusão; formatação; backup.

ABSTRACT

The recovery of lost files is an important issue in present. With the ease of obtaining this technology, not backing up your data. Because of this, file recovery software becomes increasingly common, seeking recovery of important memories or documents. Programs like Recuva, Test Disk and PC Inspector File Recovery arise in this scenario to solve such problems. The theme of the work is to make an analysis of the major software free on the market in case of accidental deletion and formatting. After that, it will show the results obtained by making a comparison between them, evaluating the performance of applications on each file type: images, audio, documents and videos.

Keywords: file recovery; exclusion; formatting; backup

LISTA DE SIGLAS

305 RAMAC - Random Access Method of Accounting and Control (Método de Acesso Aleatório para Contabilidade e Controle)

ASCII - American Standard Code for Information Interchange (Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação)

ATA - Advanced Technology Attachment

AVI - Audio Video Interleave (Audio e Vídeo Intercalado)

BIOS - Basic Input/Output System (Sistema Básico de Entrada/Saída)

BMP - bitmap picture (Mapa de Bit de Imagens)

CD - Compact Disc (Disco Compacto)

CD-R - CD Recordable (Cd Gravável)

CD-ROM – Compact Disc Read-Only Memory (Disco Compacto – Memória Somente de Leitura)

CD-RW - CD Rewritable (CD regravável)

CDI – Disco Compacto Interativo

CHS - Cylinder-Head-Sector (Cilindro-Cabeça-Setor).

CPU - Central Processing Unit (Unidade central de processamento)

CRC32 - Cyclic Redudancy Chek (Verificação de Redundância Cíclica)

DVD - Digital Versatile Disc (Disco Digital Versátil, ou DvD)

DL – Dual Layer

DOC – Document (Documento do Word)

DOCX – Documet XML (Documento do Word XML)

DRAM - Dynamic Random Access Memory (Memória de Acesso Randômico Dinâmica)

EEPROM - Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory (Memória Somente de Leitura Programável Apagável Eletricamente)

EFI - Extensible Firmware Interface (Interface Unificada de Firmware Extensível)

EFS - Encrypting File System (Sistema de Arquivos com Criptografia)

EVO – Evolution (Evolução)

exFAT - Extended File Allocation Table (Tabela de Alocação de Arquivos)

ext4 – Forth Extended File System (Quarto Sistema de Arquivos Estendido)

FAT - File Allocation Table (Tabela de Alocação de Arquivos)

FAT12 - File Allocation Table 12 (Tabela de Alocação de Arquivos 12)

FAT16 - File Allocation Table 16 (Tabela de Alocação de Arquivos 16)

FAT32 - File Allocation Table 32 (Tabela de Alocação de Arquivos 32)

FIM - Module Interface Flash (Módulo de interface do Flash)

FLAC - Free Lossless Audio Codec (Codec de Áudio Livre Sem Perdas)

GHz – Gigahertz

GNU (GPLV v2 +) - GNU Não é Unix (Licença Pública Geral versão 2+)

GPT - Guid Partition Table (Tabela de Partição Guid)

GRUB - Grand Unified Bootloader.

HD – Hard Disk (Disco Rígido)

HDTV: High-Definition Television (Televisão de Alta Definição)

HFS - HTTP File Server (HTTP Servidor de Arquivo)

HPFS - *High Performance File System*

IBM - International Business Machines (Máquina de negócio Internacionais)

IEDM - International Electron Devices Meeting (Reunião Internacional de Dispositivos Eletrônicos)

LBA - Logical Block Addressing (Endereçamento de Blocos Lógicos)

LC - Triple-Level Cell (Nível celular Triplo)

LFS - Log File Service

LIA - Lead-In Area (Area de condução de entrada)

LOA - Lead-Out Area (Area de condução de saída)

MBR - Master Boot Record

MFT - Master Table File (Tabela Mestre de Arquivos)

MLC - Multi-Level Cell (Nível celular Múltiplo)

MOSFET - Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (Transistor de Efeito de Campo Metal-Óxido Semicondutor)

MP3 – MPEG Audio Layer 3 (MPEG de audio na camada 3)

MP4 - Áudio Mpeg-4

MPG - Moving Pictures Expert Group (Grupo Especializado em Imagens em Movimento)

RMVB - Real Media Variable Bitrate (Mídia Real com Taxa de Bits Variável)

MS-DOS – MicroSoft Disk Operating System

NAND - Not AND (Não E)
NOR - Not OR (Não OU)
NTFS – New Technology File System
NTLDR - New Technology Loader (Carregador da Nova Tecnologia)
OD – OpenDocument (Documento Aberto)
ODS - OpenDocument System (Documento Aberto de Sistema)
ODT - OpenDocument Text (Documento Aberto de Texto)
PCA - Power Calibration Area (Área de calibração de potência)
PDF – Portable Document File (Formato Portátil de Documento)
PMA - Program Memory Area (Área de memória do Programa)
PNG - Portable Network Graphics (Gráfico de Rede Portátil)
PPT – Document PowerPoint (Documento do PowerPoint)
PPTX - Document PowerPoint XML (Documento do PowerPoint XML)
RPM - Rotações por minuto.
SATA - Serial Advanced Technology Attachment (Tecnologia Avançada de acesso Serial)
SLC - Single-Level Cell (Nível Celular único)
SO – Sistema Operacional
SSD - Solid State Drive (Disco de Estado Sólido)
SSHD - Solid State Hybrid Disc - (Disco Híbrido de Estado Sólido)
TI – Tecnologia da Informação
TOC - table of contents (Tabela de conteúdo)
WAV - WAVEform Audio Format (Formato de Audio Wave)
Windows XP – Windows Experience
WMA – Windows Media Audio (Mídia de Audio do Windows)
JPG - Joint Photographics Experts Group (Grupo unificado especializado em fotografia)
WMV - Windows Media Video (Mídia de Vídeo do Windows)
XLS – Document Excel (Documento Excel)
XLSX – Document Excel XML (Documento Excel XML)
ZBR - Zoned Bit Recording (Gravação Bit Zoneada)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1. Demonstra como os arquivos são armazenados de acordo a alocação contígua. Fonte: Luiz A. P. Lima Jr. – PUCPR-Escola Politécnica.....	26
Imagem 2. Lacuna de cluster vagos, deixada após a deleção do arquivo C.jpg Fonte: Luiz A. P. Lima Jr. – PUCPR-Escola Politécnica.....	27
Imagem 3. Cluster utilizados para o armazenamento de um arquivo, note que cada bloco utiliza um ponteiro para o próximo bloco. Fonte: Daniel G. Barrelim.	28
Imagem 4. O Arquivo do bloco 3 possui um ponteiro para o bloco 7, onde os restantes dos dados estão alocados. Fonte: Daniel G. Barrelim.	29
Imagem 5. Exemplo de alocação de um arquivo de 10KB, utilizando 3 clusters. Onde o terceiro tem uma sobra de espaço, devido ao uso de apenas uma pequena quantidade de dados. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	30
Imagem 6. Exemplo do funcionamento do sistema de arquivos FAT. Fonte: Daniel G. Barrelim.	31
Imagem 7. Estrutura do sistema de arquivos NTFS. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	37
Imagem 8. Estrutura do MBR. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	39
Imagem 9. Estrutura do GPT. Fonte: Daniel G. Barrelim.	41
Imagem 10. Gravação Helicoidal, a fita em movimento percorre o cilindro onde possui uma cabeça de gravação/deleção dos dados formando um ângulo. Fonte Autor Desconhecido.....	46
Imagem 11. Exemplo de como e feita a gravação helicoidal, onde as trilhas gravadas ficam diagonalmente pelas extremidades da fita. Fonte: Autor Desconhecido.	46
Imagem 12. Mistracking Trapezional e Curvatura. Mistracking Trapezional, ocorre quando o ângulo da trilha gravada não corresponde ao da cabeça de gravação. Mistracking de Curvatura, ocorre quando a fita sofre deformação de modo não-linear. Fonte: Jonh W. C. Van Bogart.....	47
Imagem 13. Gravação Longitudinal, cada trilha gravada possui uma própria cabeça de gravação, ficando de forma paralela as bordas da fita. Fonte: Jonh W. C. Van Bogart.....	47

Imagem 14. Exemplo da cabeça de gravação da fita magnética, em vermelho seria a representação da bobina enrolada no condutor. E a fenda (gap) em cinza, por onde serão emitidas as variações magnéticas. Fonte: Autor Desconhecido.	48
Imagem 15. Tamanhos das trilhas de um disquete. Todas as trilhas possuem a mesma quantidade de setores, independentemente do seu tamanho. Fonte: Eder Andrade, DSC UFCG.....	49
Imagem 16. Estrutura externa do disquete. Fonte: Daniel G. Barrelim.	50
Imagem 17. Estrutura interna do disquete. Fonte: Daniel G. Barrelim.	50
Imagem 18. Estrutura Drive de Disquete. Fonte: Daniel G. Barrelim.	51
Imagem 19. Componentes do Drive de Disquete. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	52
Imagem 20. Estrutura Lógica de um CD/DVD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	54
Imagem 21. Estrutura das Camadas de um CD-R. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	55
Imagem 22. Estrutura das Camadas do CD-RW. Fonte: Daniel G. Barrelim.	56
Imagem 23. Exemplo de “queima” de um CD após os dados serem gravados. Fonte: Autor Desconhecido..	57
Imagem 24. Exemplo da Estrutura de Camadas do DVD-5. Fonte: Daniel G. Barrelim.	59
Imagem 25. Exemplo da Estrutura de Camadas do DVD-9. Fonte: Daniel G. Barrelim.	60
Imagem 26. Exemplo da Estrutura de Camadas do DVD-10. Fonte: Daniel G. Barrelim.	60
Imagem 27. Exemplo da Estrutura de Camadas do DVD-18. Fonte: Daniel G. Barrelim.	61
Imagem 28. Estrutura de Camadas do Blu-ray. Fonte: Daniel G. Barrelim.	62
Imagem 29. Comparação da "queima" entre as mídias. O “l” representa o comprimento dos sulcos. O “w” a largura de cada sulco. O “p” a distância entre as trilhas. O “ø” o raio que feixe do laser atingi. O “λ” representa o comprimento da onda do laser. Fonte: Autor Desconhecido.	64
Imagem 30. Drive de Disco Óptico. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	65
Imagem 31. Estrutura física do HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	66
Imagem 32. Estrutura do interna do braço e do actuator. Fonte: Daniel G. Barrelim.	67
Imagem 33. Ilustração do cilindro, trilha e setor do HD.	68

Imagem 34. Estrutura de uma célula de memória flash NAND. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	70
Imagem 35. Estrutura SSD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	71
Imagem 36. Componentes do Controller do SSD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	72
Imagem 37. Estrutura SSHD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	73
Imagem 38. Efetividade da Ferramenta Recuva no Cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	79
Imagem 39. Efetividade da Ferramenta Recuva no Cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	79
Imagem 40. Recuperabilidade por Documento no Cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	80
Imagem 41. Recuperabilidade Arquivos Áudio e Vídeo no Cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	80
Imagem 42. Efetividade da Ferramenta Recuva no Cenário 1, utilizando SSD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	81
Imagem 43. Efetividade da Ferramenta Recuva no Cenário 2, utilizando SSD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	81
Imagem 44. Efetividade da Ferramenta Recuva no cenário 1, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	82
Imagem 45. Recuperabilidade por Documento e Imagem no cenário1, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	83
Imagem 46. Recuperabilidade por Vídeo e Áudio no cenário1, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	83
Imagem 47. Efetividade da Ferramenta Recuva no cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	84
Imagem 48. Comparativo Hardware/Ferramenta no Cenário 1. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	85
Imagem 49. Comparativo Hardware/Ferramenta no Cenário 2. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	85
Imagem 50. Efetividade da Ferramenta Disk Drill no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	86
Imagem 51. Recuperabilidade por Documento, Imagem, Áudio e Vídeo no cenário1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	87

Imagem 52. Efetividade da Ferramenta Disk Drill no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	88
Imagem 53. Recuperabilidade por Documento e Áudio no cenário2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	88
Imagem 54. Efetividade da Ferramenta Disk Drill no cenário 1, utilizando SSD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	89
Imagem 55. Efetividade da Ferramenta Disk Drill no cenário 2, utilizando SSD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	89
Imagem 56. Efetividade da Ferramenta Disk Drill no cenário 1, utilizando Pen Drive. Fonte: Daniel G. Barrelim.	90
Imagem 57. Recuperabilidade por Documento e Áudio no cenário1, utilizando Pen Drive. Fonte: Daniel G. Barrelim.	91
Imagem 58. Efetividade da Ferramenta Disk Drill e Recuperabilidade por Documento no cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	91
Imagem 59. Comparativo Hardware Ferramenta cenário 1. Fonte: Daniel G. Barrelim.	92
Imagem 60. Comparativo Hardware Ferramenta cenário 2. Fonte: Daniel G. Barrelim.	92
Imagem 61. Efetividade da Ferramenta File Recovery no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	93
Imagem 62. Efetividade da Ferramenta File Recovery e Recuperabilidade por Documento, imagem e vídeo no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	94
Imagem 63. Efetividade da Ferramenta File Recovery no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	95
Imagem 64. Recuperabilidade por Documento e Imagem no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	95
Imagem 65. Efetividade da ferramenta File Recovery no cenário 1, utilizando Pen Drive. Fonte: Daniel G. Barrelim.	96
Imagem 66. Efetividade da ferramenta File Recovery no cenário 2, utilizando Pen Drive. Fonte: Daniel G. Barrelim.	96
Imagem 67. Comparativo Hardware Ferramenta cenário 1. Fonte: Daniel G. Barrelim.	97

Imagem 68. Comparativo Hardware Ferramenta cenário 2. Fonte: Daniel G. Barrelim.	97
Imagem 69. Efetividade da ferramenta Photorec no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	98
Imagem 70. Recuperabilidade por Documento e Áudio no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	99
Imagem 71. Efetividade da ferramenta Photorec no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	100
Imagem 72. Recuperabilidade por Documento, Áudio e Vídeo no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	100
Imagem 73. Efetividade da ferramenta Photorec no cenário 1, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	101
Imagem 74. Recuperabilidade por Documento, Áudio e Vídeo no Cenário 1, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	102
Imagem 75. Efetividade da Ferramenta Photorec no cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	103
Imagem 76. Recuperabilidade por Documento e Imagem no cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	103
Imagem 77. Comparativo Hardware Ferramenta cenário 1. Fonte: Daniel G. Barrelim.	104
Imagem 78. Comparativo Hardware Ferramenta cenário 2. Fonte: Daniel G. Barrelim.	104
Imagem 79. Efetividade do Live CD Ubuntu no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	105
Imagem 80. Erro Utilização Live CD no PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	106
Imagem 81. Comparativo de recuperação de Documentos entre as Ferramentas no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	107
Imagem 82. Comparativo de recuperação de Documentos entre as Ferramentas no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	108
Imagem 83. Comparativo de recuperação de Imagens entre as Ferramentas no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	108
Imagem 84. Comparativo de recuperação de Imagens entre as Ferramentas no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	109

Imagem 85. Comparativo de recuperação de Áudio entre as Ferramentas no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	110
Imagem 86. Comparativo de recuperação de Áudio entre as Ferramentas no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	110
Imagem 87. Comparativo de recuperação de Vídeo entre as Ferramentas no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	111
Imagem 88. Comparativo de recuperação de Vídeo entre as Ferramentas no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	112
Imagem 89. Comparativo de recuperação de Documentos entre as Ferramentas no cenário 1, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	113
Imagem 90. Comparativo de recuperação de Documentos entre as Ferramentas no cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	113
Imagem 91. Comparativo de recuperação de Imagens entre as Ferramentas no cenário 1 e cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	114
Imagem 92. Comparativo de recuperação de Áudio entre as Ferramentas no cenário 1 e cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	115
Imagem 93. Comparativo de recuperação de Vídeo entre as Ferramentas no cenário 1 e cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.	116
Imagem 94. Utilização da Ferramenta Photorec. Fonte: Daniel G. Barrelim	124
Imagem 95. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barrelim.	125
Imagem 96. Utilização da Ferramenta Photorec. Fonte: Daniel G. Barrelim.	125
Imagem 97. Utilização da Ferramenta Photorec. Fonte: Daniel G. Barrelim.	126
Imagem 98. Utilização da Ferramenta PC Inspector File Recovery. Fonte: Daniel G. Barrelim.	127
Imagem 99. Utilização da Ferramenta PC Inspector File Recovery. Fonte: Daniel G. Barrelim.	127
Imagem 100. Utilização da Ferramenta PC Inspector File Recovery. Fonte: Daniel G. Barrelim.	128
Imagem 101. Utilização da Ferramenta PC Inspector File Recovery. Fonte: Daniel G. Barrelim.	128
Imagem 102. Utilização da Ferramenta PC Inspector File Recovery. Fonte: Daniel G. Barrelim.	129
Imagem 103. Utilização da Ferramenta Disk Drill. Fonte: Daniel G. Barrelim.	130

Imagem 104. Utilização da Ferramenta Disk Drill. Fonte: Daniel G. Barrelim.	131
Imagem 105. Utilização da Ferramenta Disk Drill. Fonte: Daniel G. Barrelim.	131
Imagem 106. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barrelim.	132
Imagem 107. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barrelim.	133
Imagem 108. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barrelim.	133
Imagem 109. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barrelim.	134
Imagem 110. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barrelim.	134
Imagem 111. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barrelim.	135
Imagem 112. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barrelim.	136
Imagem 113. Utilização do Live CD Ubuntu 14.10. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	137
Imagem 114. Utilização do Live CD Ubuntu 14.10. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	137
Imagem 115. Utilização do Live CD Ubuntu 14.10. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	138
Imagem 116. Utilização do Live CD Ubuntu 14.10. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	138
Imagem 117. Utilização do Live CD Ubuntu 14.10. Fonte: Daniel G. Barrelim.....	139
<i>Imagem 118. Utilização do Live CD Ubuntu 14.10. Fonte: Daniel G. Barrelim.....</i>	<i>140</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tamanho do cluster utilizado em cada tipo de partição do sistema de arquivos FAT16.....	33
Tabela 2. Tamanho do cluster utilizado em cada tipo de partição do sistema de arquivos FAT32.....	34
Tabela 3. Tamanho do cluster utilizado em cada tipo de partição do sistema de arquivos NTFS.	36
Tabela 4. Hardware Utilizado nos testes.....	77
Tabela 5. Quantidade e Extensões de arquivos utilizadas nos testes.....	77

Sumário

1	INTRODUÇÃO	22
2	SISTEMAS DE ARQUIVOS	24
2.1	FAT – (<i>File Allocation Table</i>)	29
2.2	NTFS (<i>New Technology File System</i>).....	35
2.3	MBR (<i>Master Boot Record</i>)	38
2.4	GPT (<i>Guid Partition Table</i>)	40
3	MÍDIAS DE ARMAZENAMENTO DE DADOS.....	43
3.1	Fita Magnética (<i>Cassete</i>).....	45
3.2	Disquete	48
3.3	CD/DVD/Blu-ray.....	52
3.3.1	COMPACT DISC / DIGITAL VERSATILE DISC.....	53
3.3.2	COMPACT DISC.....	54
3.3.3	DIGITAL VERSATILE DISC	58
3.3.4	Blu-ray.....	61
3.3.5	COMPARAÇÃO DOS DADOS GRAVADOS ENTRE CD/DVD/BLU-RAY	63
3.3.6	GRAVANDO E LENDO ARQUIVOS NO CD/DVD/BLU-RAY.	64
3.4	HD (<i>Hard Disk</i>)	65
3.5	Memória Flash (<i>Pen /drive / SSD / Cartão de Memória</i>).....	68
3.5.1	ARQUITETURA SSD	71
3.6	<i>Solid State Hybrid Disc (SSHD)</i>	72
4	Escolhendo as ferramentas.....	74
5	Apresentação dos Resultados Obtidos	76
5.1	Resultados Obtidos Pelo Recuva	78
5.1.1	Hard Disk	78

5.1.2	Solid State Disk.....	81
5.1.3	Pen Drive	82
5.1.4	Comparativo do Hardware com a Ferramenta	84
5.2	Resultados Obtidos pelo Disk Drill.....	86
5.2.1	Hard Disk	86
5.2.2	Solid State Disk.....	89
5.2.3	<i>Pen Drive</i>	90
5.2.4	Comparativo do Hardware com a ferramenta Disk Drill	92
5.3	Resultados Obtidos pelo File Recovery.....	93
5.3.1	Hard Disk	93
5.3.2	Pen Drive	96
5.3.3	Comparativo do Hardware com a Ferramenta File Recovery	97
5.4	Resultados obtidos pelo Photorec	98
5.4.1	Hard Disk	98
5.4.2	Pen Drive	101
5.4.3	Comparativo do Hardware com a Ferramenta Photorec.....	103
5.5	Resultados Obtidos pelo Live CD	105
5.5.1	Hard Disk	105
5.5.2	Pen Drive	106
5.6	Comparação Entre as Ferramentas.....	106
5.6.1	Hard Disk	106
5.6.2	Pen Drive	112
6	CONCLUSÃO.....	117
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
8	APÊNDICE	124
8.1	Utilizando as Ferramentas.....	124
8.1.1	Photorec.....	124

8.1.2	PC Inspector File Recovery	126
8.1.3	Disk Drill	129
8.1.4	Recuva	132
8.1.5	Live CD Ubuntu 14.10	136

1 INTRODUÇÃO

O tema a ser tratado neste trabalho de conclusão é uma avaliação prática dos principais softwares de recuperação de arquivos presentes no mercado. A escolha do tema se justifica pelas constantes mudanças tecnológicas, que, por muitas vezes, não são acompanhadas pelos usuários médios. Afinal, com tanta tecnologia disponível, nem sempre o usuário consegue utilizar bem todas as ferramentas disponíveis em seu produto. Um erro comum é o arquivamento de documentos, fotos, áudios e vídeos nos dispositivos sem a realização de uma cópia de segurança.

Quando alguns desses arquivos é perdido, o usuário fica frustrado, buscando maneiras de recuperar seus dados. Nesta situação que o estudo do tema realizado irá ser aplicado, pois em algumas situações ocorrem a perda de dados importantes e a necessitando a recuperação deste. Para isso, o trabalho trará alguns dos programas mais utilizados na recuperação de arquivos.

O objetivo geral do trabalho é avaliar os principais programas gratuitos existentes no mercado, estabelecendo um comparativo entre eles. Com este comparativo, objetivamos especificamente determinar qual a ferramenta que obteve melhor desempenho em cada cenário, além de determinar quais as mídias em que essas ferramentas foram utilizadas.

A metodologia do trabalho é pesquisa bibliográfica, realizada em livros, e-books, artigos, sites de tecnologia, revistas e publicações acadêmicas. Possui caráter qualitativo, ao listar os programas mais utilizados para o tema.

O trabalho será dividido em capítulos. O primeiro, é a introdução do tema, que listará os principais tópicos abordados. O segundo capítulo discorrerá sobre os sistemas de arquivos, um conjunto de estruturas, utilizadas pelo sistema operacional para controlar o acesso ao HD. Também discorrerá sobre os tipos de formatação existentes: a física e lógica, além de demonstrar como funcionam os clusters em cada sistemas de arquivos. Os sistemas de arquivos abordados no trabalho serão: FAT16, FAT32, NTFS e HPFS.

O terceiro capítulo falará sobre as mídias de armazenamento de dados, esboça a origem dos principais dispositivos de armazenamento, como os: disco rígido,

cds, dvds, blu-rays, entre outros.

O quarto capítulo traz a escolha das ferramentas utilizadas no trabalho, Cinco foram as ferramentas escolhidas. São elas: Recuva, Test Disk, Photorec, PC Inspector File Recovery e Disk Drill. Além delas, também será utilizado o Live CD do Linux, já que este, também faz recuperação em arquivos. No apêndice deste trabalho, será apresentada a maneira de executar as ferramentas, incluindo os locais onde os arquivos recuperados são salvos.

O quinto capítulo mostrará os resultados obtidos em cada programa, em dois cenários: uma formatação acidental e uma exclusão acidental. Os resultados serão divididos em quatro categorias: recuperados, recuperados parcialmente, não recuperados e falsos positivos, sendo que essas categorias serão explicadas de maneira completa no decorrer do trabalho.

Por fim, na conclusão deste trabalho será apresentado os resultados obtidos com a pesquisa, em especial com os dados obtidos através dos experimentos realizados.

2 SISTEMAS DE ARQUIVOS

Pode-se definir sistema de arquivos como a maneira utilizada pelo Sistema Operacional para controlar seu acesso ao disco rígido. Ou seja, o sistema de arquivos é um conjunto de estruturas lógicas, que objetiva determinar como todas as informações serão acessadas, copiadas, alteradas, nomeadas e apagadas. Segundo Morimoto (2002): “um sistema de arquivos é um conjunto de estruturas lógicas e de rotinas, que permitem ao sistema operacional controlar o acesso ao disco rígido. Diferentes sistemas operacionais usam diferentes sistemas de arquivos.”

Cada sistema operacional (SO) utiliza um sistema de arquivos diferente, por exemplo: o Windows 8.1 utiliza o sistema de arquivos NTFS, já o Ubuntu¹ por padrão utiliza o Ext4. No entanto, a forma como o SO visualiza os dados armazenados é completamente diferente do ponto de vista da controladora do disco rígido. O SO visualiza uma lista com os clusters² e seus respectivos endereços, ou seja, quando existe a necessidade de se ler um arquivo, o SO não se preocupa em localizar em qual trilha e setor que está armazenado, apenas enviando o endereço onde o cluster se encontra. Dessa forma, a própria controladora do disco realiza o trabalho de localizar o arquivo (MORIMOTO, 2007). Antes que os dados sejam armazenados e lidos de forma organizada, o HD precisa ser formatado. Dois são os tipos de formatação: formatação física e lógica.

Na formatação física, o equipamento é formatado na fábrica, dividindo o HD em trilhas, setores e cilindros. Além disso, também são gravadas as marcações servo. Isso possibilita que a placa lógica possa posicionar de forma correta a cabeça de leitura do HD. Esse tipo de formatação utiliza máquinas especiais, e nela também são adicionadas restrições ao firmware³ do drive impedindo a placa lógica de fazer qualquer tipo de alteração nas áreas reservadas. Com isso, torna-se impossível reformatar fisicamente um HD atual. Alguns modelos antigos, tais como HDs “pré-

¹Ubuntu: é um sistema operacional de código aberto, baseado em Debian, pautado segundo as normas de software livre.

²Clusters: são as menores unidades de alocação de arquivos que os sistemas operacionais conseguem reconhecer.

³Firmware: é um conjunto de instruções operacionais programadas diretamente no hardware, para seu funcionamento.

ATA” ST⁴-506 e ST-412, porém, necessitavam ser periodicamente reformatados fisicamente. Tal formatação era necessária devido às mudanças de temperatura e vibrações causadas pelo motor de rotação, embora em alguns casos, ocorressem até mesmo pelas próprias operações de leitura e gravação. Essas alterações faziam com que as posições das trilhas na mídia magnética ficassem desalinhadas, dificultando a leitura dos dados pela cabeça de leitura. Com isso, uma reformatação física se tornava necessária, para realinhar as trilhas, setores e cilindros. No caso dos HD’s atuais, a placa controladora compensa os eventuais desvios apenas calibrando o movimento do seu braço de leitura (MORIMOTO, 2007).

Diferentemente da formatação física, a formatação lógica é realizada através de software e pode ser realizada quantas vezes forem necessárias, adicionando as estruturas que serão utilizadas pelo SO. Entretanto, ao reformatar o HD, é necessária a realização do backup, ou seja, criar uma cópia de segurança dos dados, já que estes dados acabam sendo perdidos durante a formatação. Caso os dados sejam perdidos, entretanto, existem ferramentas que permitem a recuperação dos mesmos. Em qualquer SO, tanto Windows⁵ como Unix⁶, o primeiro setor da primeira trilha fica reservado para o boot, que tem como finalidade carregar o SO na memória. (MORIMOTO, 2002)

Após realizar as formatações o próximo passo é o sistema de arquivos, que define como o conjunto de estruturas lógicas permitem ao SO organizar e otimizar seu acesso ao HD.

“Conforme cresce a capacidade dos discos e aumenta o volume de arquivos e acessos, esta tarefa torna-se mais e mais complicada, exigindo o uso de sistemas de arquivos cada vez mais complexos e robustos. Existem diversos sistemas de arquivos diferentes, que vão desde sistemas simples como o FAT16, que utilizamos em cartões de memória, até sistemas como o NTFS, EXT3g6654 e ReiserFS, que incorporam recursos muito mais avançados.” (MORIMOTO, 2002)

No Windows existem poucos sistemas de arquivos. São eles: o FAT16, FAT32, NTFS e HPFS. O FAT16 é o mais antigo, sendo utilizado junto com o MS-DOS, enquanto o NTFS é o mais complexo e atual. O HPFS é suportado em apenas

⁴ ST: Antigamente chamado de *Shugart Technology*, atualmente *Seagate Technology*, empresa responsável pela fabricação dos HDs

⁵ Windows: é um Sistema Operacional Multitarefa.

⁶ Unix: é um Sistema Operacional, e foi um dos primeiros a introduzir conceitos de multitarefas, multiusuários e de portabilidade.

algumas versões do Windows (NT 3.1, 3.5 e 3.51), acompanhado do FAT32 que foi utilizado no Windows 98 e 2000 (MORIMOTO, 2002).

Quando armazena arquivos no HD, o SO possui uma estrutura de dados que possibilita aos sistemas de arquivos localizarem os clusters que estão livres. Geralmente, essa estrutura utiliza uma lista ou tabela, que informa quais os clusters que estão livres ou não para que se possa armazenar um novo arquivo. Essa tabela está associada a um cluster do disco, sendo representado por um bit que pode ser 0 (Zero) ou 1. O 0 representa que o cluster está livre, enquanto o 1 representa o cluster como ocupado. Assim o SO possui um controle sobre o disco, relacionando quais arquivos estão em cada cluster e gerenciando o que pode ser feito, como por exemplo: alocação contígua, alocação encadeada, alocação indexada (TANENBAUM, 2004)

No método de alocação contígua, as informações são armazenadas em clusters sequencialmente dispostos. Isso permite ao sistema localizar o arquivo através do endereço do primeiro cluster e da sua extensão, facilitando a localização e o controle dos mesmos, tornando a leitura dos arquivos mais eficiente. A Imagem 1 mostra que cada arquivo tem uma quantidade de cluster utilizados, o que gera um bloco de arquivo. (TANENBAUM, 2004).

Deve-se observar que cada arquivo tem início no começo de cada bloco, como por exemplo o arquivo D.html, que possui o tamanho de 7 blocos, tendo início no cluster 1 e terminando no cluster 7.

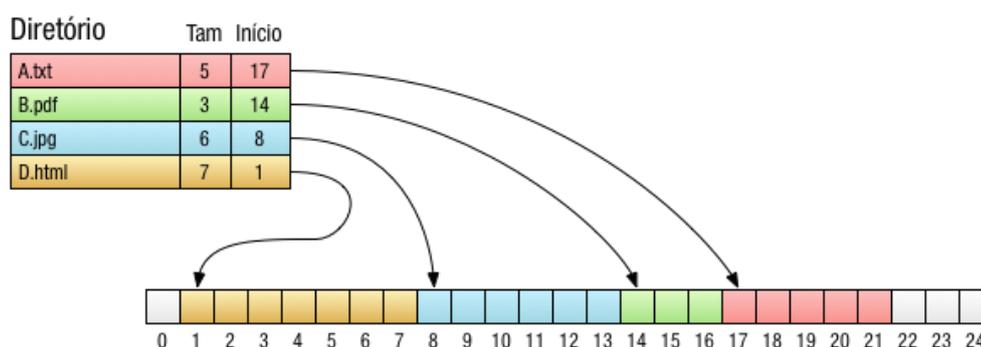


Imagem 1. Demonstra como os arquivos são armazenados de acordo a alocação contígua. Fonte:

Luiz A. P. Lima Jr. – PUCPR-Escola Politécnica.

A maior desvantagem desse tipo de alocação de arquivos acontece ao apagar um arquivo. Com isso, o bloco ficará vago, fato que deixará uma lacuna de

clusters livres no disco. O maior problema acaba acontecendo a longo prazo, já que após várias gravações e deleções de arquivos, o disco ficará cheio de lacunas. Quando um novo arquivo for salvo, será necessário localizar uma lacuna adequada com a quantidade exata ou maior de clusters vagos, para que, assim o arquivo seja salvo, conforme exemplificado na Imagem 2.

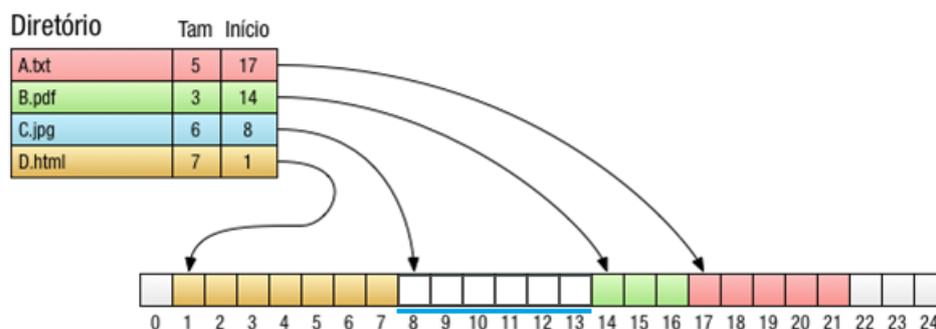


Imagem 2. Lacuna de cluster vagos, deixada após a deleção do arquivo C.jpg Fonte: Luiz A. P. Lima Jr. – PUCPR-Escola Politécnica.

Deve-se reparar que o arquivo C.jpg foi apagado do disco, então acabou deixando uma lacuna de clusters vagos na área que ele ocupava. (TANENBAUM, 2004). A Figura 2 aponta que um ponto viável na utilização da alocação contígua é através da utilização de CD-ROMs. Dessa forma, os arquivos que serão gravados no disco são conhecidos com antecedência, nunca se alterando durante o uso do sistema de arquivos do CD-ROM.

Já na alocação por lista encadeada, o arquivo pode ser organizado como um conjunto de clusters que são ligados logicamente no disco, independente da sua localização física. A primeira palavra de cada cluster é utilizada como um ponteiro para o cluster seguinte do arquivo e assim sucessivamente. O restante do cluster é utilizado para os dados.

Neste método, todos os clusters são utilizados, não havendo perda de espaço. Com isso, para se manter a entrada do diretório, basta apenas armazenar o endereço do primeiro cluster. Assim como na alocação encadeada, existe um acesso aleatório que acaba prejudicando seu desempenho, e o deixando muito lento comparado com a alocação contígua. Entretanto, esse problema pode ser resolvido ao criar-se uma tabela na memória, adicionando cada palavra de ponteiro de cada

cluster, como no sistema de arquivos FAT, que será estudado a seguir (TANENBAUM, 2004), conforme a Imagem 3.

Bloco Físico

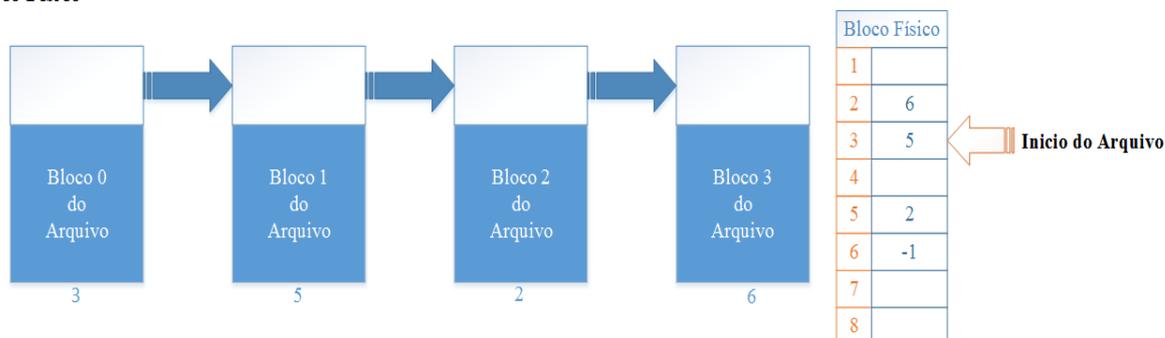


Imagem 3. Cluster utilizados para o armazenamento de um arquivo, note que cada bloco utiliza um ponteiro para o próximo bloco. Fonte: Daniel G. Barreirim.

De acordo com a imagem, o arquivo em questão tem início no cluster 3, partindo para o cluster 5, apontado pelo espaço anterior. Já o cluster 5 aponta para o cluster 2, que aponta para o cluster 6. O cluster 6 possui um parâmetro informando o final do arquivo, representado pelo “-1”, que informa um número inválido no bloco (TANENBAUM, 2004).

Segundo Tanenbaum (2003), “é concebível que a tabela possa ser alocada em memória paginável, mas, mesmo assim, ela ocuparia muito espaço de memória virtual e de espaço em disco gerando também um tráfego extra de paginação”.

Na alocação indexada ou i-nodes (index-node), cada arquivo é associado a uma estrutura de dados chamada i-node (index-node). Esse tipo de alocação é uma forma de resolver o problema que a alocação por lista encadeada possui. Ela relaciona em um índice os endereços de memória que o arquivo está utilizando, o que facilita o acesso aos blocos. Dessa forma, não é necessário se percorrer todos os blocos de forma sequencial, já que seus respectivos endereços estão armazenados em um índice. Este tipo de alocação é utilizado em sistemas Linux (TANENBAUM, 2004).

De acordo com Tanenbaum (2009), se a estrutura tiver um espaço para uma quantidade “x” de endereços, o último endereço de disco será reservado para um novo endereço no qual ele conterá mais endereços de blocos. Como a imagem Imagem 4 demonstra:

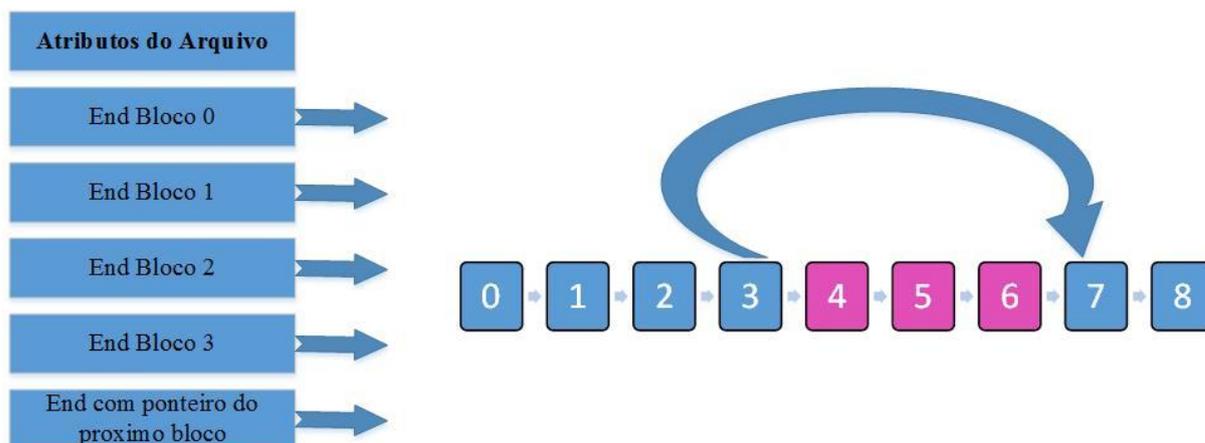


Imagem 4. O Arquivo do bloco 3 possui um ponteiro para o bloco 7, onde os restantes dos dados estão alocados. Fonte: Daniel G. Barreirim.

2.1 FAT – (File Allocation Table)

FAT é uma sigla oriunda de *File Allocation Table* (Tabela de Alocação de Arquivos). É um sistema de arquivos que foi inicialmente utilizado no sistema operacional MS-DOS. Sua primeira versão foi criada em 1977, sendo chamada de FAT 12. Logo depois surgiram o FAT16, FAT21 e também o exFAT (ALECRIM, 2011).

Um dos maiores problemas do FAT é a sua segurança, já que nesse sistema qualquer usuário pode acessar os arquivos armazenados em disco. Esse sistema de arquivos não consegue atribuir permissões individuais (GUGIK, 2009). O sistema FAT não trabalha de forma direta com cada setor, e sim com um conjunto de setores que recebe o nome de cluster. Se um HD tiver setores de 512 Bytes, e possuir tamanho de 10 Kb, ele utilizara cerca de 20 setores e dez clusters. Cada cluster ocupará dois setores, e quando é necessário acessar um arquivo, o FAT primeiramente descobrirá em qual setor o arquivo se encontra.

Na Imagem 5, um arquivo de tamanho de 10 Kb, com cluster 4 Kb, acaba utilizando três cluster, mas o terceiro está utilizando apenas metade, já que os dois primeiros clusters ocupam 8 Kb, restando apenas 2 Kb para o terceiro cluster.



Imagem 5. Exemplo de alocação de um arquivo de 10KB, utilizando 3 clusters. Onde o terceiro tem uma sobra de espaço, devido ao uso de apenas uma pequena quantidade de dados. Fonte: Daniel G. Barreirim.

O Setor de Boot tem início logo após o *Post*⁷ realizar os testes, sendo responsável por dois componentes importantes. O primeiro é o *bootstrap*⁸, que é responsável por iniciar o SO, independente de qual sistema de arquivo esteja utilizando. Normalmente se utiliza um gerenciador de boot, como o NTLDR⁹ ou o GRUB¹⁰, que tem como função de mostrar uma lista com os SO instalados. O primeiro setor do HD é reservado para armazenar as informações onde o SO se localiza, permitindo a BIOS¹¹ iniciar seu carregamento. Geralmente também estão gravadas algumas mensagens de erros (MORIMOTO, 2002).

O *Bootstrap* é responsável por utilizar os primeiros 446 bytes do MBR¹². Os 66 bytes restantes armazenam a tabela de partições, que salva as informações relativas ao início e fim de cada partição (MORIMOTO, 2007). Morimoto (2002), mostra que após o HD ser formatado e dividido em clusters, ele ainda reservará alguns setores para que possa ser adicionada a FAT. O mesmo serve como um índice, conforme explicado anteriormente na alocação indexada. Esse índice possui o endereço de cada cluster do disco. Assim o SO tem o controle sobre o disco, sabendo

⁷ Post: *Power on self test* ou *Auto-Teste de Inicialização*, é uma sequência de testes que o hardware realiza para verificar se o sistema se encontra em estado operacional.

⁸ Bootstrap: processo de inicialização para o carregamento do sistema operacional quando a máquina é ligada.

⁹ NTLDR: é um componente do S.O. Windows responsável pela sua carga.

¹⁰ GRUB: sigla de *Grand Unified Bootloader*, é um gerenciador de boot disponibilizado como software GNU.

¹¹ BIOS: sigla de *Basic Input / Output System* ele contém todo o software básico utilizado para a inicialização da placa mãe, checar os dispositivos instalados e carregar o S.O.

¹² MBR: *Master Boot Record* é lido pelo BIOS que irá interpretar a tabela de partição e em seguida carrega o Bootstrap.

qual cluster está ocupado ou livre. Pode-se localizar qualquer arquivo armazenado e quando um arquivo é salvo ou deletado a FAT é atualizada. Além da tabela principal, também possui uma cópia de segurança caso a tabela principal sofra algum dano.

O diretório raiz está alocado no disco, logo após os setores onde a FAT está alocada. Esse diretório possui uma tabela contendo cada arquivo que está armazenado no disco. A tabela possui uma entrada, com o nome do arquivo, sua extensão, a data de criação ou a data de sua última alteração, seu tamanho em bytes e também o número do cluster que o arquivo começa (MORIMOTO, 2002).

Quando um arquivo é apagado, remove-se apenas a entrada do diretório raiz. Os cluster ocupados aparecerão vagos para o SO. Quando se grava um novo arquivo, o sistema procurará o primeiro setor que esteja livre, gravando-o a seguir. Um problema que surge com o tempo é a fragmentação, já que os dados estão espalhados por todo o disco. O FAT não possui ferramentas impedir este tipo de fragmentação, necessitando, assim, que o disco seja desfragmentado para que os arquivos sejam gravados em sequencialmente em cluster (MORIMOTO, 2002). Um exemplo referente ao sistema FAT é a Imagem 6.

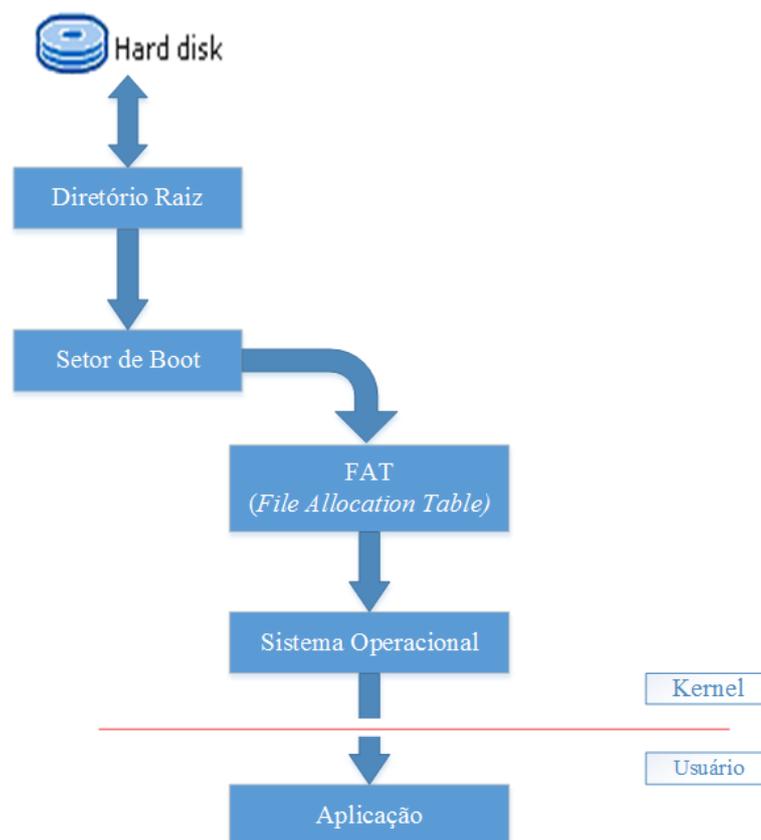


Imagem 6. Exemplo do funcionamento do sistema de arquivos FAT. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Segundo Morimoto (2002): “Uma curiosidade é que, quando se formata um disco rígido usando o comando Format, nenhum dado seja apagado, apenas a FAT principal é substituída por uma tabela em branco. Até que sejam reescritos, porém todos os dados continuam lá.”

Como já foi dito, o FAT 12 foi utilizado nas primeiras versões do MS-DOS¹³ e também em disquetes. O mesmo recebe este nome por utilizar endereços que contém apenas 12 bits para endereçar os *cluster*. Esse sistema de arquivo permite o uso de um total de 4096 cluster, que possuíam 4 Kb, ou seja, acabava permitindo partições de apenas 16 Mb. Por ser o início da década de 80, o tamanho era considerado satisfatório, já que naquela época os discos possuíam cerca de 10 Mb. O FAT12 também foi muito utilizado em disquetes de 1.44 Mb, e seus cluster possuíam cerca de 512 bytes (MORIMOTO, 2002).

O FAT16 foi utilizado junto com o MS-DOS e Windows 95¹⁴. Também acabava sendo compatível com o Windows 98 e com alguns sistemas operacionais utilizados atualmente, tanto Windows quanto Linux. Um outro ponto é que o FAT16 leva este nome por utilizar 16 bits no endereçamento dos dados, assim como o FAT12. Além disto o FAT16 pode possuir até 65526 clusters, com no máximo 32 Kb cada. O mesmo pode utilizar partições de até 2 Gb, ou seja, se possuir um disco maior que 2 Gb, será necessário particioná-lo¹⁵.

Além disso, é possível obter clusters menores, mas para isso será necessário utilizar também partições menores. Se forem utilizadas partições de até 512 Mb, os clusters serão de 8 Kb. Se possuírem até 1 Gb os cluster serão de 16 Kb, e se forem de 2 Gb, que é o tamanho máximo, o cluster terá 32 Kb. Uma recomendação é que o FAT16 não é muito vantajoso na utilização de partições acima de 1 Gb, pois com o tamanho dos cluster de 32 Kb o desperdício acabaria sendo muito grande. Além disso o FAT16 suporta nomes de arquivos curtos, com apenas 8 caracteres e sua extensão (MORIMOTO, 2002). A tabela 1 mostra o tamanho de cada tipo de partição no FAT 16.

¹³MS-DOS: ou *Microsoft Disk Operating System*, é um sistema operacional.

¹⁴Windows 95: é um sistema operacional de 16/32bits lançado pela Microsoft em 1995.

¹⁵Particionar: Dividir ou partir. Particionar e dividir logicamente um HD, em várias outras partições lógicas.

Tabela 1. Tamanho do cluster utilizado em cada tipo de partição do sistema de arquivos FAT16.

FAT 16	
Tamanho do Cluster	Tamanho Máximo da Partição
2KB	128MB
4KB	256MB
8KB	512MB
16KB	1GB
32KB	2GB

De acordo com Morimoto (2002):

“O Windows NT pode criar e utilizar partições FAT 16 com cluster de 64 Kb, o que permite a criação de partições FAT 16 de até 4 Gb. Porém, este não é um bom negócio, pois com cluster tão grandes, o desperdício de espaço será enorme. Apenas o Windows NT 4¹⁶ e alguns programas formatadores, como o Partition Magic¹⁷ da Power Quest são capazes de criar estas partições e apenas o Windows NT¹⁸ e Windows 2000¹⁹ são capazes de acessá-las corretamente.”
(MORIMOTO, 2002)

Para se obter o tamanho máximo de cada partição, utiliza-se o seguinte cálculo: 2 elevados a 16 (bits utilizados no endereçamento) que resulta em 65.536 clusters. Com esse número máximo de cluster, é multiplicado a capacidade máxima de cada cluster, que é de 32KB, $65.536 \times 32 = 2.097.152$ Kb ou 2 Gb (Dantas, 2014).

O FAT32 é o mais recente dos FAT's, levando o mesmo modelo de nome e utilizando 32 bits para o endereçamento. Esse sistema diminuiu drasticamente o desperdício de disco. O FAT32 consegue utilizar partições de até de 2 Tb, com cluster de 32 Kb. Possui uma capacidade muito grande para gerir partições, o que faz com que o FAT32 seja lento comparado com o FAT16. Não possui, também, uma compatibilidade com outros sistemas operacionais. Como ele foi incorporado no Windows 95 OSR/2²⁰, o original Windows 95 não consegue enxergar suas partições.

¹⁶Windows NT 4: é uma das versões do sistema operacional Windows NT.

¹⁷Partition Magic: é um programa informático que permite dividir o disco rígido em diferentes partições.

¹⁸Windows NT: é o nome da família de sistemas operacionais do **Windows** voltados ao meio corporativo. **NT** vem de *New Technology* ("Nova Tecnologia"). A primeira versão é de 1993 e trazia a funcionalidade de trabalhar como um servidor de arquivos

¹⁹Windows 2000: é um sistema operacional preemptivo, gráfico e de fácil aprendizagem, foi projetado para substituir o Windows 95, o 98 e o NT em todos os computadores e laptops de uso profissional. Construído sobre o código do Windows NT Workstation 4.0

²⁰Windows 95 OSR/2: é uma outra versão do Windows 95, chamada de Windows 95 OEM Service Release 2 (OSR 2), com suporte nativo ao sistema de arquivos FAT32.

Outro problema drástico, é que o FAT32 não consegue armazenar arquivos maiores que 4GB. Isso levou o sistema FAT32 a ser mais utilizado em pen drives e cartões de memórias. Outro ponto a se destacar é que, o FAT32 diferentemente do FAT16, suporta nomes de arquivos grandes, possuindo até 256 caracteres (MORIMOTO, 2002). A tabela 2 mostra o tamanho dos clusters no FAT 32.

Tabela 2. Tamanho do cluster utilizado em cada tipo de partição do sistema de arquivos FAT32.

FAT 32	
Tamanho do Cluster	Tamanho Máximo da Partição
4KB	8GB
8KB	16GB
16KB	32GB
32KB	2TB

Diferentemente da FAT16, a FAT32 não possui um número máximo de entradas. O diretório raiz da FAT32 pode obter qualquer posição no HD e assim pode-se estender por quantos setores forem necessários. Isso possibilita um número ilimitado de entradas. Outro ponto é que na FAT32, grava-se duplamente no disco, como um backup, possuindo duas cópias da tabela de alocação. Essas tabelas são atualizadas com qualquer alteração dos arquivos (deleção, criação, modificação). Caso ocorra um problema com a primeira tabela, se tem a segunda passível de correção (MORIMOTO, 2007).

Como foi estudado a capacidade máxima do FAT32 é de 2 Tb, mas o cálculo da capacidade é realizado de forma diferente do anterior. Quando se realiza o cálculo igual ao FAT16, o resultado obtido é bem maior que o divulgado, ou seja, 2 elevados a 32 (bits de endereçamento), multiplicando o resultado obtido pelo tamanho dos cluster, que é 32 Kb, fornece um resultado de 128 Tb. Na prática, porém, o cálculo é diferente. Ao utilizar o FAT32 o endereçamento é de 32 bits. Mas para se calcular a quantidade possível de cluster, usa-se apenas 28 bits, o que acaba resultando em uma capacidade bem maior que o tamanho máximo utilizado, 2 elevados a 28 (bits de endereçamento) e multiplicando novamente pelo tamanho máximo do cluster 32 Kb, resultando em 8 Tb. De acordo com a Microsoft, o FAT32 calcula o número máximo de setores e não de clusters. Quando se realiza o cálculo máximo de setores, 2 elevados a 32 (bits por endereçamento) e multiplicando o resultado pelo tamanho dos

setores que é de apenas 512bytes (0,5 kilobyte), o resultado será de 2.147.483.648 Kb, o que representa os 2 Tb de capacidade do disco ou de cada partição. Os 4 bits restantes são utilizados para indicar o número de clusters contíguos do primeiro conjunto de arquivos (DANTAS, 2014).

O sucessor do FAT32 é o exFAT (Extended File Allocation Table), um sistema de arquivos voltado às crescentes necessidades de armazenamento pessoal móvel. É recomendado para dispositivos flash, tais como: pendrives e cartões de memória, já que lê e edita arquivos maiores do que 4 Gb, além de criar partições em pendrives maiores que 32 Gb. Teoricamente sua capacidade chega até 64ZB (64 Zettabyte).

A grande vantagem do exFAT é a união das melhores características do FAT e NTFS, ainda que isso só ocorra nos drives de memória flash. Entretanto, isso aumentou a compatibilidade entre vários SO diferentes. No entanto, ele não possui *journaling*²¹, o que aumenta o risco de perda de dados caso o dispositivo seja removido sem segurança.

2.2 NTFS (New Technology File System)

O NTFS sigla de *New Technology File System*, é um sistema de arquivos iniciado junto com o Windows NT, que foi desenvolvido para o meio corporativo, sendo um SO mais completo e confiável. Mas só acabou sendo utilizado alguns anos depois, junto a outras versões de SO's da Microsoft, como o Windows 2000, Windows XP, além de ainda ser utilizado hoje em dia. O NTFS veio para suprir as limitações existentes no FAT (ALECRIM, 2011a).

Diferentemente do sistema de arquivos FAT 16 e FAT 32, o NTFS utiliza 64 bits para poder endereçar os cluster. Isso resulta num valor muito grande para os endereçamentos.

Como os setores do HD são de 512 bytes, os cluster do NTFS também poderão ser de 512 bytes, independentemente do tamanho da partição. Mas por outro

²¹Journaling: é um recurso que os sistemas de arquivos possuem em que dedicam uma área para registros, armazenando todas as ações que são feitas nos arquivos, como gravação ou alterações dos dados.

lado, usar cluster de 512 bytes em partições muito grandes, o desempenho será muito prejudicado, pois o processamento para localizar os dados também será muito grande. Por padrão, o NTFS possui clusters definidos pelo tamanho das partições. (MORIMOTO, 2002). A Tabela 3 mostra o tamanho do cluster no NTFS.

Tabela 3. Tamanho do cluster utilizado em cada tipo de partição do sistema de arquivos NTFS.

NTFS	
Tamanho do Cluster	Tamanho Máximo da Partição
512 Bytes	512 MB
1 KB	1 GB
2 KB	2 GB
4 KB	2 GB +

As pastas e os nomes de arquivos usam caracteres em *Unicode*, e não o ASCII²². O Unicode usa 2 bytes em cada caractere, permitindo mais de 65 mil combinações, ou seja, pode armazenar os caracteres em qualquer idioma, tanto ocidental como oriental. No NTFS a tolerância a falhas é maior que no FAT. Quando o sistema de arquivos FAT é desligado ou trava durante as atualizações de arquivos, os arquivos podem ficar inacessíveis, alguns agrupamentos podem ser perdidos, entre outros problemas. Uma vantagem é quando o sistema identifica setores com defeito, estes setores são marcados automaticamente na tabela de endereçamento da partição. Mas ao particionar o HD, esta lista que contém os setores defeituosos é perdida (MORIMOTO, 2007).

Alguns recursos interessantes foram adicionados no NTFS 5, como suporte ao *Active Directory*²³. Outro recurso acrescentado ao NTFS 5, foi o EFS, ou *Encrypting File System* (Sistemas de Arquivos com Criptografia), compactar arquivos e cotas de disco. O EFS criptografa os arquivos e pastas tanto em computadores clientes como em servidores de arquivos. O EFS permite que os usuários protejam seus dados contra qualquer acesso não autorizado, ou de invasores que ganham a posse física do HD, podendo criptografar desde uma pasta, ou a partição inteira. (MORIMOTO, 2007).

Um recurso interessante é que o NTFS pode compactar arquivos, pastas

²²ASCII: Código Padrão Americano para Intercâmbio de Informações, um esquema de codificação que atribui valores numéricos a caracteres visando padronizar a troca de dados entre computadores.

²³Active Directory: é uma estrutura hierárquica que armazena informações sobre objetos na rede. Um serviço de diretório, como o Active Directory, fornece os métodos para armazenar os dados de diretório e disponibilizá-los aos usuários e administradores da rede.

ou em partições inteiras, o que resulta em uma economia de espaço do HD. Compactar partições inteiras pode ocasionar perda de dados e até perda de desempenho do PC. (ALECRIM, 2011a). O sistema de cotas basicamente define o tamanho do espaço de armazenamento de dados do HD ou de partição que cada usuário poderá utilizar (ALECRIM, 2011a). A estrutura do NTFS será mostrada a seguir, na Imagem 7.

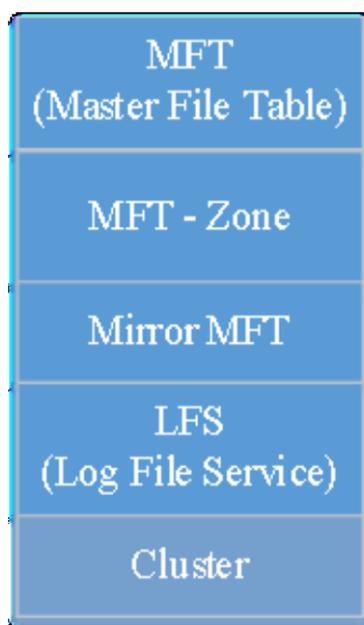


Imagem 7. Estrutura do sistema de arquivos NTFS. Fonte: Daniel G. Barreirim.

O MFT, ou *Master File Table* (Tabela Mestre de Arquivos) é uma tabela que registra os atributos (nome, data de modificação e localização dos clusters de dados) de cada arquivo, onde cada entrada possui 2 Kb. O NTFS, além da MFT, também possui a MFT-Zone que geralmente possui cerca de 12,5% do tamanho total da partição. A MFT-Zone tem como função suportar o crescimento da MFT, assim, enquanto ela recebe entradas de arquivos até ocupar seu espaço total, outras áreas do HD ficam reservadas para ela, o que permite o crescimento dos dados sem que ocorra a fragmentação. Em casos de problemas no HD, a MFT-Zone é reduzida. Algumas vezes os atributos não são salvos no MFT, sendo salvos em clusters livres do HD, então a MFT apenas conterá as entradas que apontem para os clusters. Isso acontece já que muitas vezes as entradas não possuem apenas os atributos dos arquivos, conforme visto acima, possuindo também a versão, diretório, oculto,

permissões do arquivo, usuários que podem ter acesso (MORIMOTO, 2007).

O NTFS também usa um conceito de *balanced trees*, onde as informações de cada diretório são gravadas próximas, diferentemente do FAT que utiliza uma tabela. Como as informações referentes aos arquivos estão dentro do diretório, a leitura das informações fica mais rápida, o que permite um ganho de desempenho. (MORIMOTO, 2007)

Se o MFT possuir algum tipo de problema, o sistema utiliza o MFT Mirror para encontrar e repor os dados perdidos da MFT, ou seja, o MFT Mirror é um espelho que possui os primeiros registros da MFT (MORIMOTO, 2007). O NTFS possui o LFS (*Log File Service*) contendo todas as operações que são realizadas no sistema. Quando se grava um arquivo todos os detalhes da operação são salvos no LFS. Caso ocorram falhas ou o computador seja desligado, o NTFS, através do LFS pode descobrir onde a atualização parou apenas examinando o log. Assim, o problema pode ser corrigido. (MORIMOTO, 2007)

2.3 MBR (*Master Boot Record*)

A MBR (*Master Boot Record*) está localizada no início do sistema de arquivos, onde são salvos o gerenciador de boot e a tabela de particionamento do HD. O Setor onde a MBR se encontra possui apenas 512 Bytes. Deles, 446 bytes estão reservados para o setor de boot, 64bytes estão armazenando a tabela de partição e 2 bytes são referentes a identificação da MBR, como na Imagem 8 na próxima página.

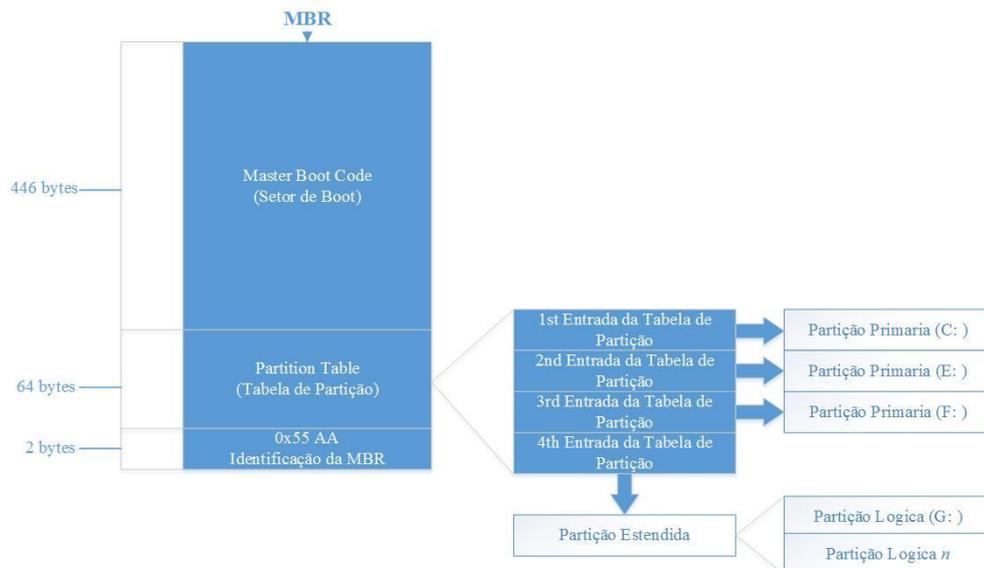


Imagem 8. Estrutura do MBR. Fonte: Daniel G. Barrelim.

Quando o computador é inicializado a BIOS lê e executa um código que está armazenado na MBR. A primeira ação da MBR é localizar a partição ativa, e ler seu primeiro bloco, chamado bloco de inicialização (*boot block*). A partir daí, o programa que está armazenado no bloco de inicialização carrega o SO que está contido na partição.

Por padrão toda partição começa com um bloco de inicialização, mesmo não contendo um SO. Como futuramente poderá ser adicionado um SO, então sempre será reservado um bloco de inicialização (TANENBAUM, 2008).

Ao trocar de SO, geralmente só é sobrescrita a MBR com o novo gerenciador de boot, mas a tabela de particionamento somente sofrerá algum tipo de modificação caso seja criada ou deletada alguma partição. Se os 66 bytes da tabela de partição sofrerem algum dano, o acesso as partições do HD serão perdidos.

Quando isso ocorre, o HD aparece como se houvesse sido completamente apagado, mas ainda é possível recuperar as partições com os dados armazenados, desde que sejam utilizados softwares específicos para a recuperação de arquivos.

Quando se deseja manter dois ou mais SO em um mesmo computador deve-se instalar um boot manager, ou seja, um programa que ficará na MBR, a ser carregado sempre que o computador for ligado. Depois disso, o programa exibirá uma lista com os SO, instalados para que seja feita a seleção de qual sistema operacional utilizar (MORIMOTO, 2005).

De acordo com Morimoto (2007), a MBR pode particionar o HD em apenas

quatro partições primárias²⁴, ou três partições primárias e uma partição estendida²⁵.

Uma partição estendida pode ser dividida em n partições lógicas²⁶. Como a MBR utiliza 32 bits para armazenar as informações das partições, cada partição poderá ter um tamanho máximo de 2TB.

2.4 GPT (*Guid Partition Table*)

A GPT, ou *Guid Partition Table* (Tabela de Partição Guid) nasceu com o intuito de substituir a MBR, que limitava o uso do HD em 2TB. Com o surgimento da GPT também veio o EFI (*Extensible Firmware Interface* - Interface Unificada de Firmware Extensível), para substituir o velho BIOS. Originalmente, foi desenvolvida pela Intel com o apoio da Microsoft. A GPT pode atuar também como um gerenciador de boot em computadores com mais de um SO, entre outras funcionalidades não incorporadas no BIOS. Atualmente o EFI é gerido por uma organização sem fins lucrativos, que possui a responsabilidade pela gerência e promoção do mesmo. Essa organização é pertencente a um grupo de empresas (como a Microsoft, Apple, AMD, Intel, Dell, IBM), fato que acabou gerando um novo nome: UEFI, ou *Unified Extensible Firmware Interface* (ALECRIM, 2008).

A estrutura do GPT utiliza 64bits para o endereçamento de blocos lógicos, ou seja, 2 elevados a 64, o que gera um tamanho máximo teórico de 9,4 ZB (ZettaBytes). O GPT utiliza um sistema chamado de LBA (*Logical Block Addressing* – Endereçamento de Blocos Lógicos) ao invés do CHS²⁷ (*Cylinder-Head-Sector* – Cilindro-Cabeça-Setor) (BATHURST, 2012). O LBA não utiliza mais o endereçamento

²⁴Partição primária: Pode ser utilizada para iniciar um SO. Este tipo de partição contém um sistema de arquivos. Em um disco deve haver no mínimo uma e no máximo quatro partições primárias.

²⁵Partição estendida: Uma partição estendida é uma solução para o problema limite de partições primárias que um disco pode ter, é um contêiner que pode armazenar uma ou mais partições lógicas.

²⁶Partição lógica: Funcionam como partições primárias, mas não podem ser utilizadas para iniciar um SO

²⁷CHS: (*Cylinder-Head-Sector*), este sistema consiste em adicionar um endereçamento para cada um dos 3 componentes. Por exemplo, o Cilindro pode ter cerca de 65mil combinações, a cabeça cerca de 16 combinações, e os setores dentro de cada cilindro 256 combinações. Gerando um total de 256 milhões de setores.

independente para o CHS e sim um endereço único, atribuindo números as posições do CHS. Os setores passam a receber endereços sequenciais (0, 1, 2, 3, etc). Um exemplo disso ocorre quando, ao requisitar o setor 62, cilindro 33 e cabeça 2, ele apenas requisita o setor de número 806. (MORIMOTO, 2005^a). Na Imagem 9, demonstra a estrutura do GPT.

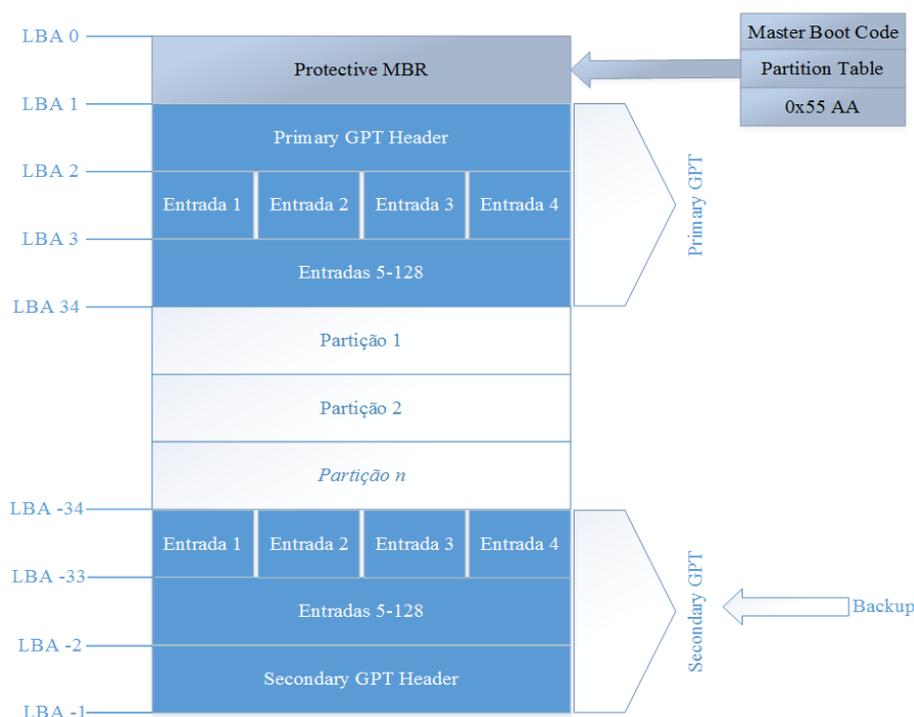


Imagem 9. Estrutura do GPT. Fonte: Daniel G. Barreirim.

O bloco LBA0 possui os primeiros 512 bytes e contém a “Protective MBR”, uma proteção do MBR. Como foi visto, o GPT utiliza endereçamento de bloco lógico em vez do endereçamento CHS, então as informações sobre o MBR estão contidas neste bloco. Os SO antigos reconhecem o HD como contendo apenas uma partição desconhecida, se recusando a modificar o tipo do HD. Isso ajuda a evitar algum tipo de exclusão acidental do disco GPT, a menos que o usuário exija especificamente que isso seja feito (BATHURST, 2012).

A LBA1 também possui 512bytes e indica os blocos lógicos que são utilizáveis no HD, também informando o número e tamanho das partições. O EFI estipula por padrão um tamanho mínimo de 16KB para tabela de partições, podendo possuir até 128 entradas de partições primarias, e possuindo até 128bytes de

comprimento. A LBA1 contém o CRC32²⁸ (*Cyclic Redundancy Check* - Verificação de Redundância Cíclica) para si e para a tabela de partição podendo ser verificado pelo *firmware* e pelo SO na inicialização. Contêm também as informações do “*Secondary GPT Header*” (BATHURST, 2012). As LBA2 até a LBA33 estão reservadas para as entradas das partições. O LBA34 gerencia as partições (BATHURST, 2012).

²⁸CRC32: *Cyclic Redundancy Check* é um método para identificação de erros baseado em tratar sequencias de bits.

3 MÍDIAS DE ARMAZENAMENTO DE DADOS

Com o constante avanço da tecnologia, as pessoas podem facilmente obter novos dispositivos *mobile*, computadores, máquinas fotográficas, entre outros. Devido a isso, a capacidade de armazenamento dos dados (fotos, vídeos, documentos) também precisou se aperfeiçoar. Atualmente, os dispositivos de armazenamento de dados estão cada vez menores no que diz respeito a tamanho, mas enormes em capacidade de armazenamento.

Em 1963, a empresa holandesa *Philips*²⁹ lançou um dispositivo de armazenamento de dados, chamado de fita cassete (fita magnética). Este dispositivo de armazenamento era constituído por uma fita, cujos dois lados eram magnéticos. Além disso, o dispositivo possuía um mecanismo de movimento da fita, armazenados em uma caixa plástica. A fita cassete foi muito utilizada em gravações de áudio, já que se podia retornar à reprodução de qualquer ponto (PIXININE, 2015).

Os disquetes ou *floppy-disk* surgiram em 1960, criados por Alan Shugart, o líder de pesquisas da IBM³⁰. Na década de 70, as primeiras unidades de disquetes foram disponibilizadas, possuindo aproximadamente 8 polegadas. Algum tempo depois surgiram os disquetes de 5 ¼ polegadas. Com a popularização dos disquetes, outras empresas também passaram a produzir os floppy-disk. Uma delas foi a Sony, que lançou os disquetes de 3 ½ polegadas, extremamente populares nos anos 90, já que possuíam tamanho pequeno e boa capacidade de armazenamento (PIXININE, 2015).

Em 1977, a Philips criou um laboratório para o desenvolvimento dos futuros *Compact Disc*³¹ (CDs), um dispositivo para armazenar dados, preferencialmente arquivos de áudio. Ao mesmo tempo em que a Philips trabalhava no desenvolvimento dos CDs., a Sony³² focava na codificação e leitura dos discos. Em 1979, as duas empresas se juntaram, o que acelerou o desenvolvimento dos CDs, tendo sua versão final lançada em 1982 (RUSSO, 2013). Após o lançamento dos CDs,

²⁹ Philips: Empresa Holandesa. Líder global em cuidados de saúde, iluminação e produtos de consumo e estilo de vida.

³⁰ IBM: *International Business Machines* ou Máquina de negócio Internacionais, empresa Americana voltada para produtos da área de informática, como Hardware e softwares.

³¹ Compact Disc: ou Disco Compacto, é um componente eletrônico para armazenar informações.

³² Sony: Empresa multinacional japonesa. Sendo maior conglomerado de mídia do planeta, fabricando produtos eletrônicos.

surgiu o *Digital Versatile Disc* (Disco Digital Versátil, ou DvD), anunciados em 1995 e lançados a público em 1997. Como os DvDs possuíam uma tecnologia óptica superior aos CDs, a capacidade de armazenamento também foi ampliada, além de melhorar o padrão de compressão de dados (PIXININE, 2015).

Por volta do ano 2000, empresas como a Sony, Panasonic, LG, Philips e Samsung criaram o desenvolvimento de um novo tipo de mídia óptica, o Blu-ray. Essas empresas criaram o grupo chamado *Blu-ray Disc Association*, e mais tarde outras empresas como a Apple, Intel, Warner Bros e Walt Disney se juntaram ao grupo. O objetivo era criar um novo disco óptico, capaz de armazenar uma quantidade muito maior de informações que os DVDs, já que era grande a necessidade de armazenar conteúdos em alta resolução. O primeiro Blu-ray foi lançado em 2006 pela Sony. Em paralelo ao grupo *Blu-ray Disc Association* a Toshiba estava trabalhando em um projeto que seria o concorrente ao Blu-ray, chamado de HD-DVD. Mas em 2009 a Toshiba anunciou que o projeto do HD-DVD seria abandonado (MACHADO, 2012).

Na década de 50, as empresas de tecnologia iniciaram uma pesquisa para criar dispositivos, que pudessem armazenar uma grande quantidade dados. Em 1956 foi lançado o primeiro computador que continha um disco rígido, chamado de 305 RAMAC³³. O 305 RAMAC possuía um HD formado por 50 Discos de 24”(polegadas) e conseguia armazenar cerca de 5MB. Quase duas décadas depois a IBM lançou o modelo *winchester* 3340. O modelo possuía dois discos com capacidade total de 60MB, ou 30MB para cada disco. O HD recebeu o nome de *winchester* devido ao um rifle americano muito popular na época, chamado de *winchester* 30-30. No meio da década de 80 a surgiu o primeiro HD de 3.5”, e com o surgimento dos *notebooks* também vieram os HD de 2.5” (GUANABAR, 2011).

Na década de 80, o Dr. Fujio Masuoka, funcionário da empresa japonesa Toshiba³⁴ desenvolveu uma tecnologia em memória *flash*. O nome da memória *flash* foi dado pelo colega de trabalho do Dr. Fujio, o Dr Shoji Ariizumi, pois quando se apaga ou grava os dados da memória *flash*, o processo é parecido com o *flash* de uma máquina fotográfica. Em 1984, em San Francisco, Califórnia, o Dr Fujio apresentou a

³³305 RAMAC: *Random Access Method of Accounting and Control* ou Método de Acesso Aleatório para Contabilidade e Controle. Foi o primeiro computador comercial desenvolvido pela IBM em 1956 e o primeiro computador a utilizar uma unidade de disco magnético com uma cabeça de leitura móvel.

³⁴Toshiba: Empresa japonesa que produz aparelhos eletrônicos e semicondutores.

tecnologia durante o evento *International Electron Devices Meeting* (IEDM³⁵). A Intel³⁶ empresa americana, viu o potencial da invenção do Dr. Fujio, lançando os primeiros chips de memória *flash* em 1998. Quando nos referimos a memória *flash* podemos citar alguns dispositivos como o *Solid State Drive* (SSD), PenDrives e cartões de memória (ALENCAR, 2012).

Com o passar dos anos surgiram os SSHD (*Solid State Hybrid Disc*), uma mistura entre o HD e o SSD. O primeiro SSHD foi lançado pela Seagate em 2007, recebendo o nome de Momentus® PSD. A vantagem é que os SSHDs utilizam um sistema de cache, que por sua vez é bem maior que de um HD normal. Assim, armazena automaticamente os blocos que são mais utilizados na memória flash do SSHD, mas possuindo a grande capacidade de armazenamento dos HDs (COUTINHO, 2011).

3.1 Fita Magnética (Cassete)

A fitas magnéticas são formada por uma tira de plástico, recoberta por algum material magnético como os elementos químicos Fe₂O₃(Óxido de Ferro) ou Cr₂O₃(Óxido de Cromo). Quando esses elementos são adicionados na fita de plástico mylar³⁷, acabam tomando uma posição definida. Assim podem gravar as informações na fita magnética de forma sequencial, podendo ser de dois tipos *helicoidal* ou *longitudinal*, que será estudado mais à frente (BOGART, 2001).

Na gravação *Helicoidal* as trilhas gravadas ficam diagonalmente de uma borda a outra da fita. Para que se possa gravar uma fita de modo *helicoidal* a cabeça precisa se movimentar. A cabeça é montada em um cilindro que roda em uma velocidade consideravelmente boa.

Quando se está gravando/apagando alguma informação a fita percorre cerca de 180° graus deste cilindro onde a fica a cabeça. Assim a cabeça é orientada a fazer um pequeno ângulo com a fita, de modo que as trilhas

³⁵IEDM: Evento mundial na área de tecnologia.

³⁶Intel: Empresa Americana. Multinacional na fabricação de microprocessadores e outros chips.

³⁷Mylar: é uma forte película de poliéster que possui resistência térmica e também propriedades de isolamento.

gravadas fiquem diagonais. Caso não haja coerência entre os ângulos das trilhas com o da cabeça de gravação poderá ocorrer *mistracking*, tendo perda de informação (BOGART, 2001). Na Imagem 10 e a Imagem 11, a seguir, serão mostradas as formas de gravação helicoidal.



Imagem 10. Gravação Helicoidal, a fita em movimento percorre o cilindro onde possui uma cabeça de gravação/deleção dos dados formando um ângulo. Fonte Autor Desconhecido.

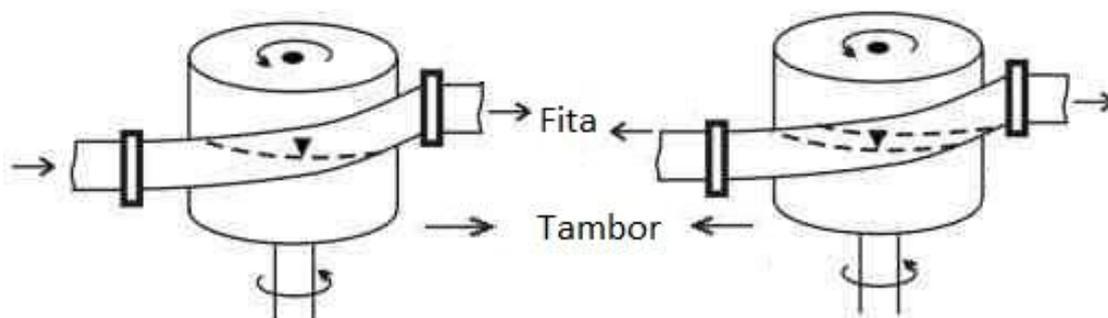


Imagem 11. Exemplo de como é feita a gravação helicoidal, onde as trilhas gravadas ficam diagonalmente pelas extremidades da fita. Fonte: Autor Desconhecido.

O *mistracking* pode ocorrer de duas formas, trapezoidal ou curvatura. No *mistracking* trapezoidal, as trilhas da fita se mantêm linear, mas o ângulo acaba mudando. No *mistracking* de curvatura, ocorre quando as trilhas gravadas se tornam curvas. O resultado do suporte da fita não-linear, ficando em formato de "U" (BOGART, 2001), conforme Imagem 12.

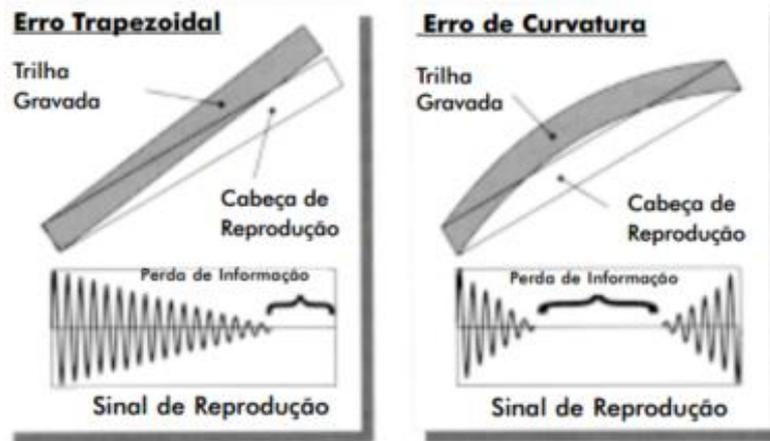


Imagem 12. Mistracking Trapezoidal e Curvatura. Mistracking Trapezoidal, ocorre quando o ângulo da trilha gravada não corresponde ao da cabeça de gravação. Mistracking de Curvatura, ocorre quando a fita sofre deformação de modo não-linear. Fonte: Jonh W. C. Van Bogart.

Na gravação *longitudinal*, cada trilha gravada possui uma cabeça de gravação, que é fixa. As trilhas gravadas sempre estarão de forma paralela as bordas da fita. Assim na gravação *longitudinal* a chance de ocorrer *mistracking* é muito baixa (BOGART, 2001), conforme Imagem 13.

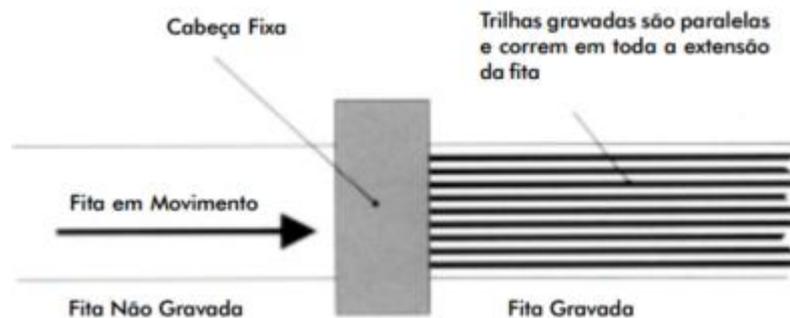


Imagem 13. Gravação Longitudinal, cada trilha gravada possui uma própria cabeça de gravação, ficando de forma paralela as bordas da fita. Fonte: Jonh W. C. Van Bogart.

A cabeça de gravação é um eletroímã minúsculo, formado por um centro de ferro, enrolado por um fio ou bobina. No lado oposto, a bobina possui uma fenda chamada de gap³⁸, que é por onde as variações magnéticas serão emitidas na fita. Este eletroímã converte a eletricidade em magnetismo, e cria um campo magnético na fenda. A cada instante é gerado um fluxo magnético na fenda que incide sobre um

³⁸Gap: ou quebra de continuidade.

determinado espaço da fita e o magnetizando. (BRIAN, 2010), conforme mostrado pelo exemplo da Imagem 14.

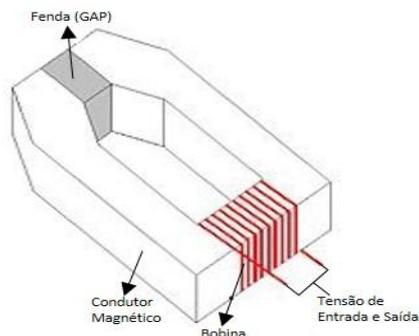


Imagem 14. Exemplo da cabeça de gravação da fita magnética, em vermelho seria a representação da bobina enrolada no condutor. E a fenda (gap) em cinza, por onde serão emitidas as variações magnéticas. Fonte: Autor Desconhecido.

3.2 Disquete

Os disquetes possuem funcionalidades parecidas com as de um HD, mas com os materiais de uma fita magnética, sendo composto por uma fina camada de Fe₂O₃(Óxido de Ferro). Entretanto, diferentemente da fita magnética, o disquete possui um disco de plástico *mylar*. E diferentemente dos Hds, a quantidade de trilhas, setores e até a rotação do disco é bem menor nos disquetes. Por exemplo, um HD com mais de 150.000 trilhas, pode ter rotações superiores a 7.200 RPM³⁹, enquanto o disquete pode possuir 80 trilhas, podendo alcançar 300 RPM, uma diferença gigantesca. Como a mídia do disquete é muito frágil, a velocidade de gravação teria que ser baixa, para que não sofresse danos ao gravar ou ler dados (MORIMOTO, 2007).

Como os disquetes não possuem o *Zoned Bit Recording*⁴⁰ (ZBR), suas trilhas possuem o mesmo número de setores, independentemente do tamanho das trilhas, conforme demonstrado na imagem a seguir. (MORIMOTO, 2007), conforme

³⁹ RPM: ou Rotações por minuto.

⁴⁰Zoned Bit Recording: É um esquema de setorização onde as trilhas mais externas de um disco possuem a mesma quantidade de setores que a trilha mais interna do disco.

demonstrado na Imagem 15.

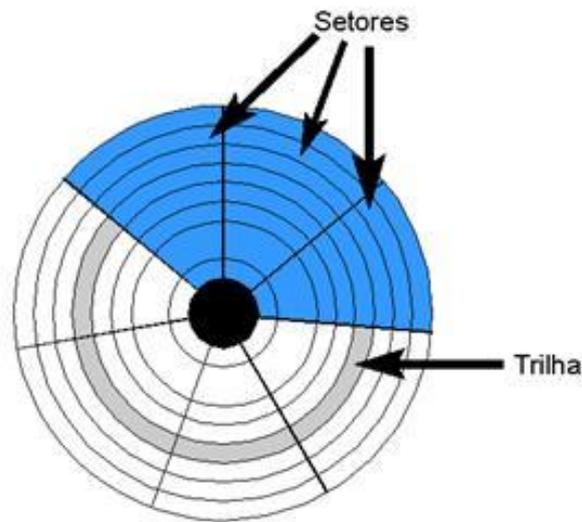


Imagem 15. Tamanhos das trilhas de um disquete. Todas as trilhas possuem a mesma quantidade de setores, independentemente do seu tamanho. Fonte: Eder Andrade, DSC UFCG.

O disquete é formado pelas seguintes partes, a serem exemplificadas na próxima página, pelas Imagem 16 e Imagem 17:

- Carcaça de plástico: essa carcaça protege o disco magnético de qualquer possível dano, como arranhões, quedas, etc.;
- Lâmina de Metal: a lâmina de metal protege a janela que dá acesso ao disco, para poder realizar gravações ou leitura de dados;
- Centro metálico de tração: é onde motor do drive se encaixa para que possa fazer o disco entrar em rotação e realizar a gravação ou leitura dos dados armazenados;
- Janela de Gravação: é por onde a cabeça de leitura e gravação terá acesso ao disco magnético;
- Proteção de escrita: é uma pequena chave que protege o disco magnético de possíveis gravações, deixando o disco apenas como leitura;
- Papel de proteção do disco: o papel protege o disco da carcaça de plástico. Como a carcaça é dura, pequenos arranhões podem acontecer no disco. Assim os papéis de proteção mantêm o disco seguro e sempre

limpo.

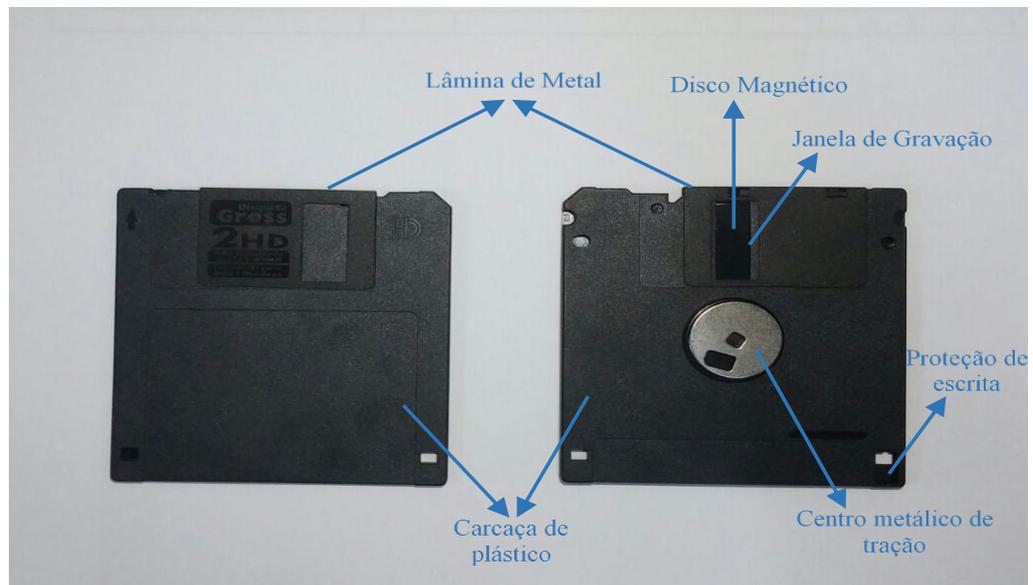


Imagem 16. Estrutura externa do disquete. Fonte: Daniel G. Barreirim.



Imagem 17. Estrutura interna do disquete. Fonte: Daniel G. Barreirim.

- Estrutura Mecânica: é um conjunto de alavancas que abrem a lâmina de plástico ou metal da parte superior da estrutura, que envolve o disco magnético, Para que as cabeças de leitura e gravação possam tocar o disco;
- Motor do drive: se encaixa no centro do disquete, na parte metálica fazendo

com que o disco magnético do disquete gire em torno de 300 RPM. O motor do drive é magnético;

- Motor de passo: ao receber um impulso elétrico, o motor irá realizar um movimento preciso para que a cabeça de leitura ou gravação percorra a distância adequada da trilha;
- Cabeça de leitura e gravação: essa cabeça fica acoplada ao motor de passo. Enquanto uma cabeça é responsável para leitura e gravação de dados, a segunda cabeça é responsável para formatar os setores antes de uma gravação. Isso ajuda que os dados gravados estejam em um espaço limpo, não interferindo nos dados que estão gravados em um setor adjacente (BROWN, 2010), mostradas a seguir pela Imagem 18 e imagem 19.

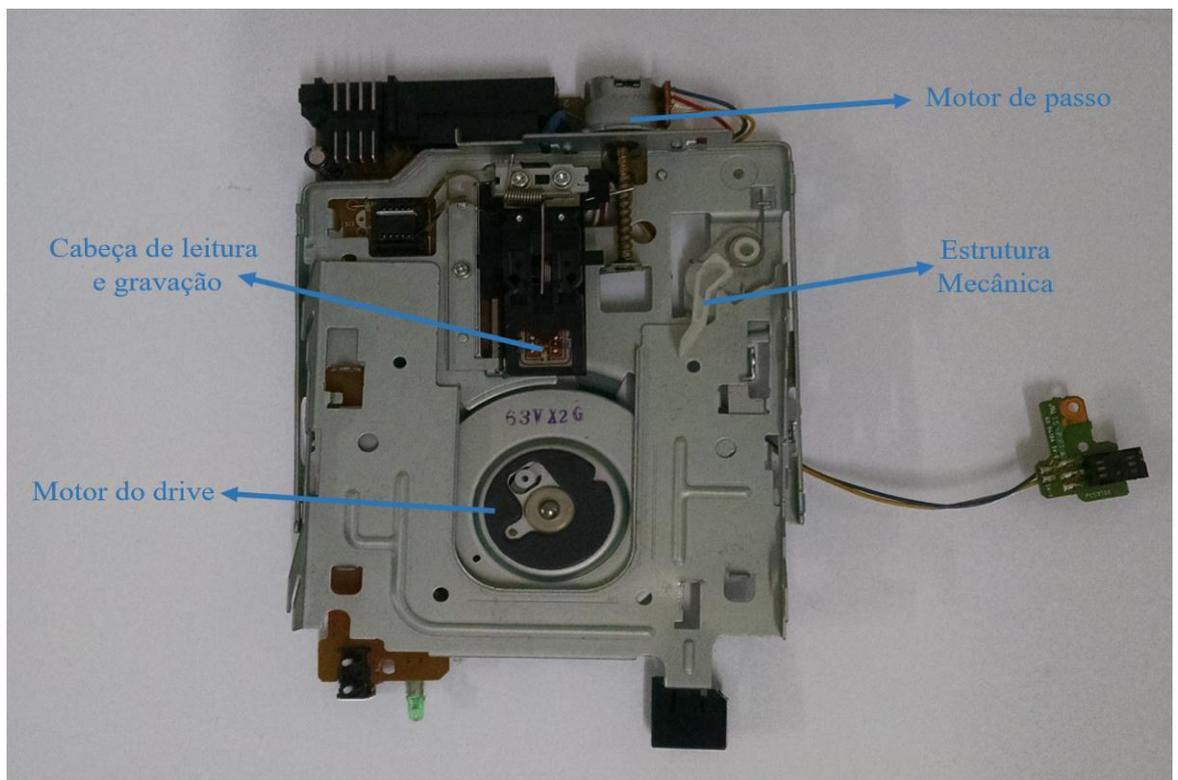


Imagem 18. Estrutura Drive de Disquete. Fonte: Daniel G. Barreirim.

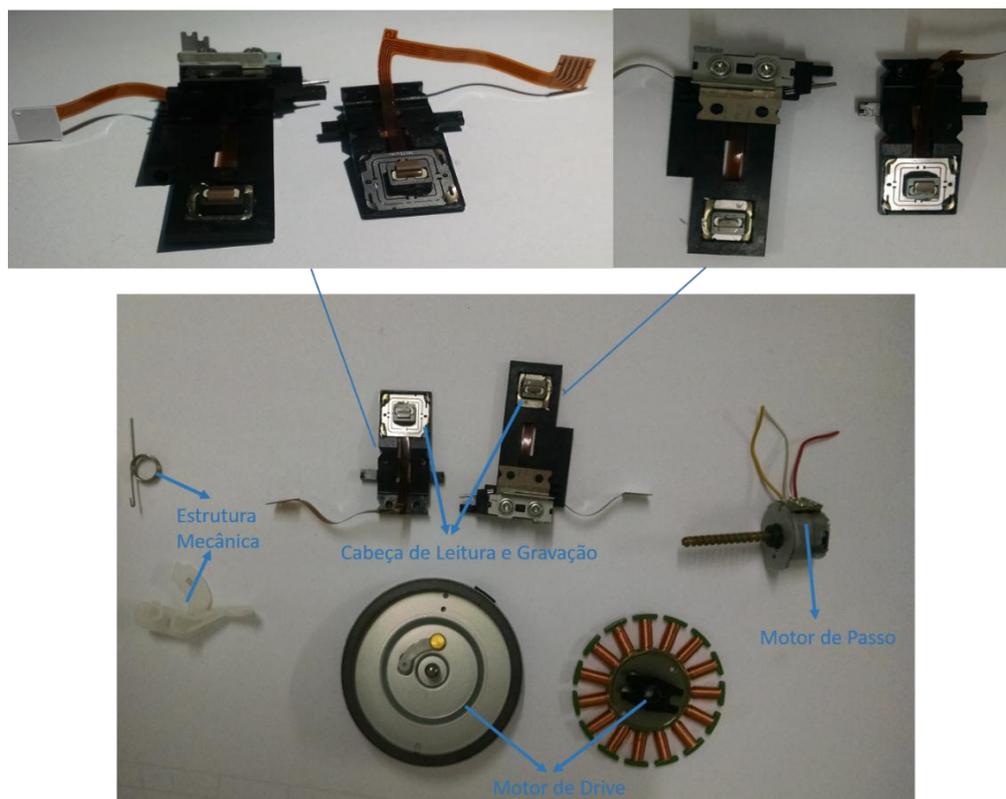


Imagem 19. Componentes do Drive de Disquete. Fonte: Daniel G. Barreirim.

3.3 CD/DVD/Blu-ray

As mídias ópticas, como os CDs e DVDs, fizeram um sucesso mundial, sendo utilizadas até hoje em dia. Um outro modelo de mídia óptica é o Blu-ray. Atualmente os CDs são muito utilizados nas gravações de áudio e possuem cerca de 700MB de espaço para armazenar as informações. Os DVDs podem possuir até 15GB de espaço para armazenar informações, e são muito utilizados em gravações de vídeos.

O Blu-ray por sua vez pode conseguir armazenar até 50GB de informações, embora este modelo não acabou sendo popularizado no Brasil. Como os jogos atuais necessitam de uma grande quantidade de espaço para armazenar os dados, o Blu-ray acabou sendo o disco ideal. E é utilizado como mídia principal desde a terceira geração do console da Sony, o Playstation.

3.3.1 COMPACT DISC / DIGITAL VERSATILE DISC

A estrutura lógica dos CDs/DVDs se compõe das seguintes áreas: *Power Calibration Area*, *Program Memory Area*, *Lead-In Area*, *Program Area* e *Lead-Out Area*, de acordo com a Imagem 20, disposta na próxima página.

- ***Power Calibration Area* ou *PCA***: em todos os CDs/DVDs existe uma área que é reservada para testar a potência do laser da gravadora. Ao inserir um disco na gravadora a primeira etapa será fazer um ajuste na potência do laser. Deixando o adequado ao processo de gravação (“queima”) do disco, por exemplo, as mudanças de velocidade de gravação, temperatura e umidade (KAPERSKY, 2004).

- ***Count Area***: a *Count Area* ou área de contagem registra quanto espaço está disponível para que ocorra o processo de calibração do laser. Assim cada vez que se realiza a calibração é incrementado um valor na *count area* (KAPERSKY, 2004).

- ***Program Memory Area* ou *PMA***: esta área irá armazenar o número de trilhas que CD/DVD possui (KAPERSKY, 2004).

- ***Lead-In Area* ou *LIA***: nesta área está armazenada a *table of contents* (TOC) ou tabela de conteúdo. A TOC referencia a localização de todas as trilhas presentes em um CD/DVD. Ao gravar, por exemplo, uma faixa de música em um disco, a localização das trilhas que foram utilizadas só será inserida na TOC após a gravação da faixa da música ser completa (KAPERSKY, 2004).

- ***Program Area***: os dados que serão gravados em um CD/DVD estarão localizados nesta área. Como os CDs são muito utilizados em gravações de áudio e os DVDs em gravações de filmes. Um CD pode armazenar cerca 700MBs de dados, em quanto um DVD pode chegar até 17GBs. A *program area* terá a mesma quantidade de trilhas gravadas que estarão referenciadas na PMA (KAPERSKY, 2004).

- ***Lead-Out Area* ou *LOA***: serve como um indicador que irá informar o término do disco. Caso a cabeça de leitura/gravação do disco chegue a LOA, ela informará a cabeça que o disco chegou ao seu limite, e assim interrompendo sua ação. A LOA possui cerca de 6.750 setores vazios ou cerca de 90 segundos em “silêncio” (KAPERSKY, 2004).

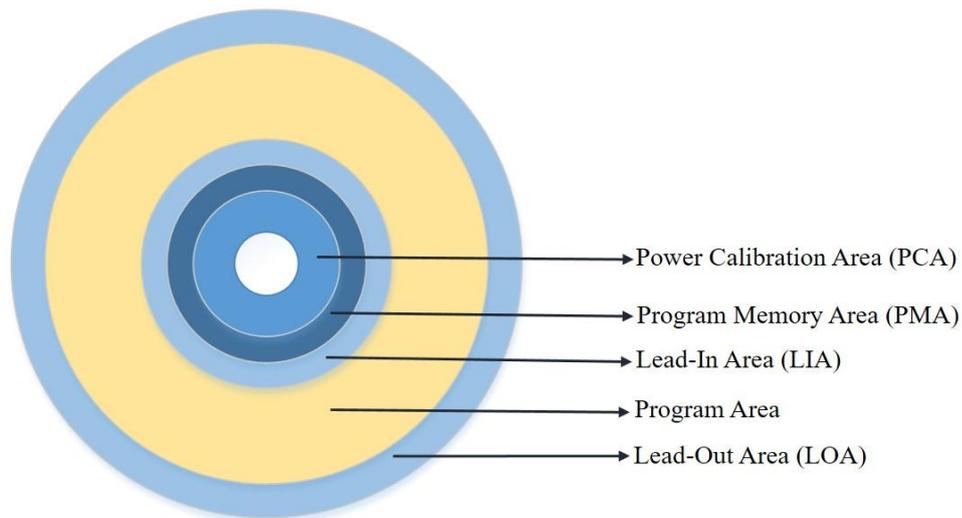


Imagem 20. Estrutura Lógica de um CD/DVD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

3.3.2 COMPACT DISC

A estrutura de camadas do CD-R⁴¹ é diferente da estrutura camadas do CD-RW⁴², devido ao fato dele ser regrável, embora ele contenha uma vida útil maior. Essas camadas serão exemplificadas na Imagem 21, na próxima página.

3.3.2.1 CD-R

- **Camada 1:** camada de proteção. Esta camada é responsável por proteger o disco da oxidação, utilizando materiais como o laquê e o verniz para selar o CD; (Morimoto, Mídias Ópticas., 2011)
- **Camada 2:** camada reflexiva, ou seja, reflete o feixe do laser emitido pela cabeça de leitura/gravação do drive do CD. É muito utilizado o alumínio nesta camada devido ao seu alto índice de reflexão. Conforme a intensidade do feixe do laser a camada de gravação pode sofrer algumas alterações, ou seja, os dados estão sendo gravados; (Morimoto, Mídias Ópticas., 2011)

⁴¹CD-R: ou CD *Recordable*, tipo de mídia que pode ser gravado apenas uma vez.

⁴²CD-RW: ou CD *Rewritable*, tipo de mídia que pode ser regrada.

- **Camada 3:** esta camada é onde os dados serão gravados. Os materiais mais utilizados nesta camada são: *Cyanine*⁴³ de cor azulada e o *Phthalocyanine*⁴⁴ de cor verde-claro. Como os materiais desta camada são orgânicos e sensíveis a o calor, sua estrutura é alterada quando o feixe do laser passa por ela gravando os dados; (Morimoto, Mídias Ópticas., 2011)
- **Camada 4:** Esta camada é a base do CD. Utilizando como material base o policarbonato. Como o policarbonato é rígido e transparente, se torna a superfície ideal para o CD, pois não atrapalha o laser a passar por esta camada e fazer a leitura/gravação dos dados; (Morimoto, Mídias Ópticas., 2011)

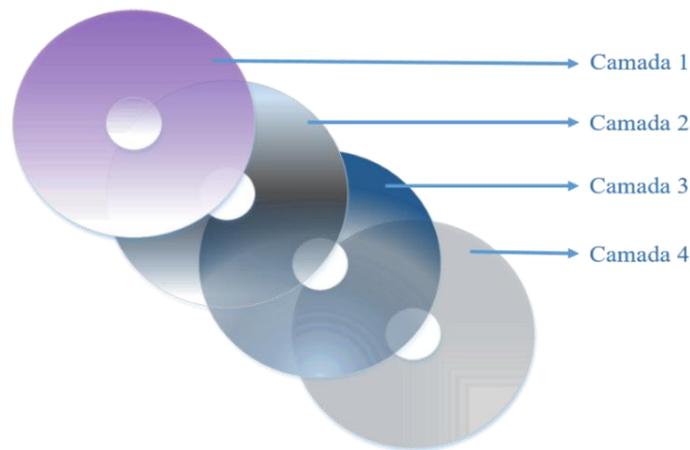


Imagem 21. Estrutura das Camadas de um CD-R. Fonte: Daniel G. Barreirim.

3.3.2.2 CD-RW

O CD-RW possui camadas distintas do CD-R. A Imagem 22 na próxima página, exemplifica tais camadas abaixo:

- **Camada 1:** Esta camada é mesma presente na camada 1 do CD-R;
- **Camada 2:** Camada idem a camada 2 do CD-R;

⁴³ *Cyanine*:

⁴⁴ *Phthalocyanine*:

- **Camada 3:** Camada dielétrica⁴⁵. Essa camada faz com que o excesso do calor produzido durante o processo de gravação do disco seja dissipado; (Bonfim, 2011)
- **Camada 4:** Como no CD-R está também é a camada de gravação, mas no CD-RW os materiais utilizados são diferentes entre os dois discos. No caso do CD-RW os materiais utilizados formam uma liga que contém *telúrio*⁴⁶, *antimônio*⁴⁷, *prata*⁴⁸ e *índio*⁴⁹. Esta liga quando é aquecida pode se alterar entre opaco e cristalina. Quando o laser passa por determinados pontos desta camada, os pontos que foram marcados pelo laser se tornam opacos. Podendo chegar a temperaturas de até 400° (graus Celsius) nestes pontos marcados pelo laser. Assim eles tomam o papel de sulcos que dissipam o laser de leitura. Quando o disco é “formatado” o laser utilizado tem uma potência bem mais baixa. Assim realizando um processo de aquecimento e resfriamento que retorna a liga para seu estado original; (Morimoto, Mídias Ópticas., 2011)
- **Camada 5:** Camada dielétrica. Idem a camada 2;
- **Camada 6:** Esta camada é a estrutura base do CD-RW, formada com as mesmas características da camada 4 do CD-R.

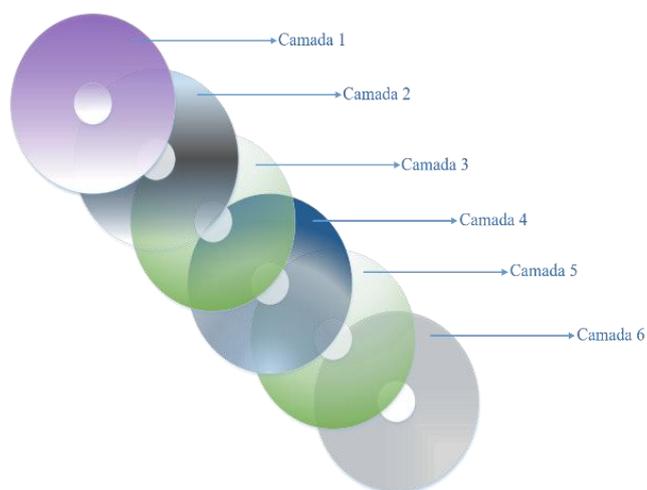


Imagem 22. Estrutura das Camadas do CD-RW. Fonte: Daniel G. Barreirim.

⁴⁵ Dielétrico: é um isolante composto por plástico ou óleo mineral, capaz de impedir a passagem elétrica por um condutor.

⁴⁶ Telúrio: elemento químico (Te) com número atômico 52 e massa 127,6 u.

⁴⁷ Antimônio: elemento químico (Sb) com número atômico 51 e massa 121,8 u.

⁴⁸ Prata: elemento químico (Ag) com número atômico 47 e massa 107,8 u.

⁴⁹ Índio: elemento químico (In) com número atômico 49 e massa 114,8 u.

Observação: muitas vezes os dados são gravados diretamente na camada plástica (Policarbonato) de um CD. Esses são chamados de CDs Prensados, um exemplo, são os CDs de músicas que comprados. É basicamente um CD-R, mas sem a camada de gravação. (Morimoto, Mídias Ópticas., 2011). A Imagem 23 trará o exemplo de um CD utilizado, com todas as trilhas “queimadas” pela gravação.

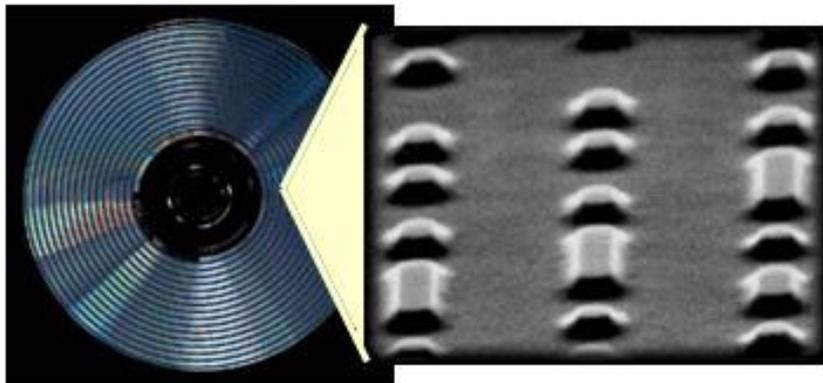


Imagem 23. Exemplo de “queima” de um CD após os dados serem gravados. Fonte: Autor Desconhecido.

- **Red Book:** Padrão definido pela Sony e Philips para descrever o formato de um CD decodificado em áudio;
- **Yellow Book:** Padrão definido para descrever o formato de um CD decodificado em dados;
- **Green Book:** Padrão definido pela Philips descrever o formato de um CD interativo (CDI);
- **Orange Book:** Padrão que define o formato de CDs *inscriptibles*, ou seja, são CDs graváveis, por exemplo, CD-R e CD-RW;
- **White Book:** Padrão utilizado para descrever o formato de um CD decodificado em vídeo;
- **Blue Book:** Padrão utilizado em CD Extra. Este padrão permite que o disco seja gravado com áudio e dados simultaneamente.

3.3.3 DIGITAL VERSATILE DISC

A principal diferença entre CD e um DVD está na sua capacidade de armazenagem de dados. O DVD também possui algumas diferenças na sua estrutura física, e alguns DVDs possuem “face dupla ou *double-sided* (DS)”. Os discos de “face dupla” utilizam os dois lados da mídia para armazenar as informações, ou seja, é como se tivessem dois DVDs juntos, mas um de costas para o outro. Existem também os DVDs “*dual-layer* (DL)”, que possuem duas camadas de gravação sobrepostas. Ainda também existe tecnologia *double-layer* que é equivalente a *dual-layer*, mas a diferença é que a *dual-layer* é utilizada em DVD-R, e a *double-layer* em DVD+R (MORIMOTO, 2010).

Os DVDs possuem alguns formatos diferentes, que são:

- **DVD-R:** este tipo de disco tem o processo de gravação similar aos CDs, e como os “CD-R” ele pode ser utilizado apenas uma única vez. Com capacidade de até 4.7GB; (Morimoto, Mídias Ópticas., 2011)
- **DVD+R:** a grande diferença entre a mídia “-R” para a “+R” e que a velocidade de acesso aos dados é bem maior. A desvantagem é que essas mídias precisam de drives leitura/gravação que sejam compatíveis; (Morimoto, Mídias Ópticas., 2011)
- **DVD-R Dual-Layer:** como foi visto anteriormente os DVDs *Dual-Layer*, possuem quase o dobro de capacidade de armazenamento do DVD convencional. Devido ao fato de possuir duas camadas de gravação sobrepostas. Podendo chegar até 8.5GB de capacidade de gravação; (Morimoto, Mídias Ópticas., 2011)
- **DVD-RW:** como ocorre no CD-RW o DVD-RW também pode ser regravado, mas também possui uma vida útil, com cerca de 1.000 regravações. Como o DVD-R o RW pode ter até 4.7GB de dados armazenados; (Morimoto, Mídias Ópticas., 2011)
- **DVD-RAM:** como no DVD-RW, o DVD-RAM também é regravável, mas diferentemente ele suporta 10x (vezes) mais regravações. Sua capacidade de armazenamento pode variar de 4.7GB até 9.4GB; (Pereira, 2012)

- **DVD+RW:** a diferença entre as mídias “-RW” e “+RW” está na velocidade de gravação. E também o “+RW” possui uma função chamada de “*Mount Rainier Writing*”. Esta função possibilita o DVD+RW trabalhar igual ao um pen-drive, como por exemplo, arrastar os arquivos para o DVD+RW para que sejam gravados. (Morimoto, Mídias Ópticas., 2011)

A gravação dos dados no DVD é feita da mesma forma que no CD, mas a espessura do laser é menor em relação ao do CD e as trilhas e os “sulcos” também são relativamente menores.

Alguns modelos de DVDs:

- **DVD-5:** possui apenas uma camada de gravação com capacidade de 4.7GB; (Kioskea, 2014), conforme Imagem 24.

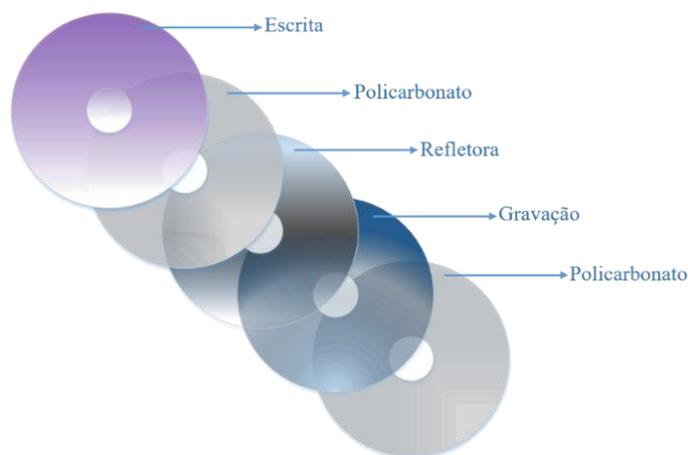


Imagem 24. Exemplo da Estrutura de Camadas do DVD-5. Fonte: Daniel G. Barreirim.

- **DVD-9:** este modelo de DVD possui 2 camadas de gravação sobrepostas, sendo que a segunda camada é composta por uma material semitransparente. O material utilizado na primeira camada de gravação é o mesmo do DVD-5, e os mesmos utilizados nos CDs. Com esse esquema de estrutura o DVD-9 pode chegar a armazenar 8,5GB de dados; (Kioskea, 2014) conforme Imagem 25.

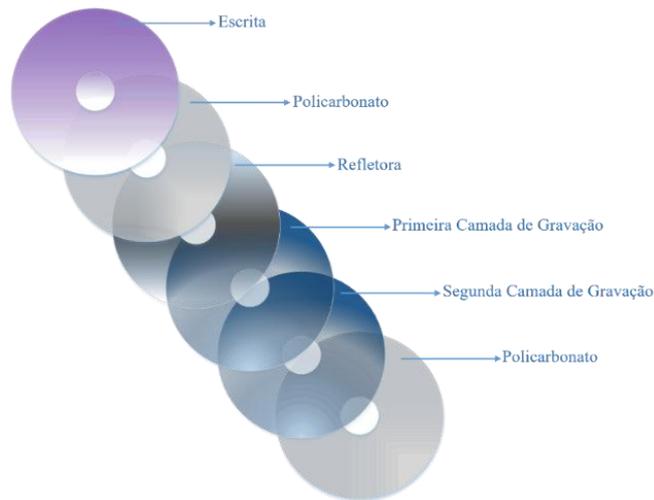


Imagem 25. Exemplo da Estrutura de Camadas do DVD-9. Fonte: Daniel G. Barreirim.

- **DVD-10:** possui duas camadas de gravação, mas diferente do DVD-9 que as camadas são sobrepostas, o DVD-10 é como se pegasse dois DVD-5 e colocasse um de costas para outro. Neste modelo pode se ter 9.4GB de capacidade de armazenamento de informação. Mas para que se possa ter acesso ao espaço disponível é necessário que se vire o disco, pois a gravação é realizada de ambos os lados; (Kioskea, 2014), conforme Imagem 26.

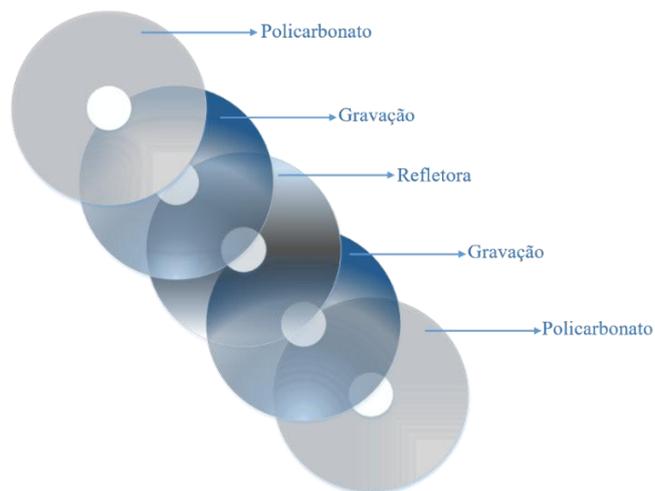


Imagem 26. Exemplo da Estrutura de Camadas do DVD-10. Fonte: Daniel G. Barreirim.

- **DVD-17:** esse modelo, por ser o mais complexo possui um valor elevado de produção. Neste modelo ambos os lados do disco possuem duas camadas de gravação. Mas tem como capacidade de armazenamento de 17.9GB. (Kioskea, 2014), conforme Imagem 27.

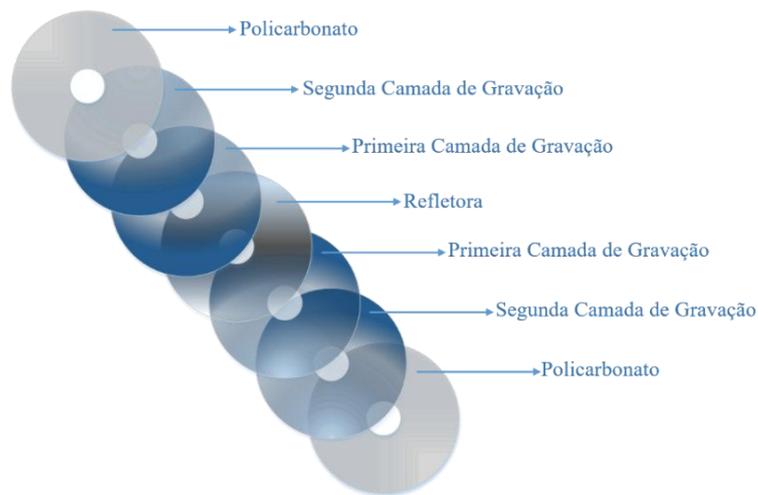


Imagem 27. Exemplo da Estrutura de Camadas do DVD-18. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Padrões definidos para *Digital Versatile Disc*: (Kioskea, DVD, DVD audio e DVD-ROM., 2014)

- **Book A:** Padrão utilizado em DVDs que podem apenas ser acessados, exemplo, DVD-ROM;
- **Book B:** Padrão utilizado em DVDs decodificados para vídeo;
- **Book C:** Padrão utilizado em DVDs decodificados para áudio;
- **Book D:** Padrão utilizado em discos graváveis e regraváveis, como DVD-R e DVD-RW;
- **Book E:** Padrão utilizado em DVD-RAM.

3.3.4 Blu-ray

Como forma de substituir o CD/DVD, o Blu-ray possui as mesmas características dos irmãos mais velhos. A grande diferença fica por conta do “*Drive*” que utiliza um feixe de laser azul e não vermelho como os utilizados nos DVDs/CDs. O feixe de laser azul é muito mais preciso, resultando na diminuição do espaço utilizado nas trilhas gravadas, tendo um melhor aproveitamento do disco. Enquanto os CD armazenam 700MB, os DVDs de dupla face e camada dupla podem armazenar até 17,9GB. O Blu-ray que possui apenas uma única camada pode armazenar 27GB

e os de camada dupla podem armazenar até 54GBs.

Os discos de Blu-ray (BD) também possuem alguns formatos (MATSUMOTO, 2008):

- **BD-ROM:** Somente leitura, os dados veem gravados de fábrica;
- **BD-R:** Disco gravável, podendo ser gravado apenas uma única vez;
- **BD-RW:** Disco regravável, podendo ser gravado várias vezes;
- **BD-RE:** Disco regravável, mas apenas permite gravação de HDTV⁵⁰.

A maior diferença na estrutura de camadas do Blu-ray fica por conta que a camada de policarbonato fica na parte superior do disco, diferente do DVD/CD que fica na parte inferior. Então uma nova camada para dar formato ao disco foi feita, uma camada com um revestimento duro, esse revestimento tem seu nome comercial de “*Durabis*”. A camada de gravação fica entre duas camadas protetoras. Logo acima da primeira camada protetora, existem a camada refletora e a camada de policarbonato. Os discos *dual-layer* possuem uma camada de separação, assim deixando as camadas de gravação separadas (MORIMOTO, 2010), conforme Imagem 28.

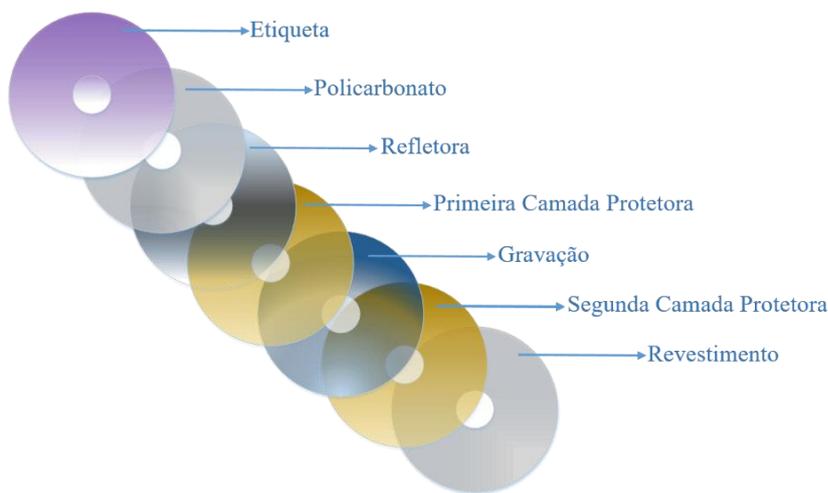


Imagem 28. Estrutura de Camadas do Blu-ray. Fonte: Daniel G. Barrelim.

⁵⁰HDTV: High-Definition Television ou Televisão de Alta Definição. Sistema digital de transmissão de dados para televisão.

3.3.5 COMPARAÇÃO DOS DADOS GRAVADOS ENTRE CD/DVD/BLU-RAY

A grande diferença na gravação dos dados entre um CD, um DVD e o Blu-ray está na distância em que os “sulcos” são feitos pelo laser. Quando os dados gravados ficam próximos uns aos outros a perda de espaço fisicamente é menor. Assim a um aumento relativo na quantidade de trilhas que podem ser gravadas. O feixe do laser também é menor. O tamanho do feixe do laser de gravação em CDs possui cerca de 780 nanômetros (nm), no DVD o feixe fica em torno de 635nm e 650nm e o do Blu-ray entorno de 405nm. Os “sulco” são chamados de “pit”, e a pista de “flat”, a distância entra as trilhas é chamada de “track pitch”. (KIOSKEA, 2014)

“Um DVD pode ser facilmente confundido com um CD na medida em que os dois formatos dos discos possuem 12 cm de diâmetro e 1.2 mm de espessura e que a sua leitura assenta na utilização de um raio laser. Contudo, os CDs utilizam um laser infravermelho que possui um comprimento de onda de 780 nanômetros (nm) enquanto os gravadores de DVD utilizam um laser vermelho com um comprimento de onda de 635 nm ou 650 nm. Além disso, os leitores de CD utilizam geralmente uma lente cujo focal vale 0,5 milímetros (mm), enquanto que os leitores de DVD se baseiam numa lente que tem um focal de 0,6mm. Assim, os DVD possuem alvéolos cuja a profundidade mínima é de 0,40 micrômetro (μm) com um espaçamento de 0,74 μm , contra 0,834 μm e 1,6 μm para o CD.”
(KIOSKEA, 2014)

Como foi visto anteriormente o Blu-ray conseguiu uma grande melhoria em espaço do disco. O comprimento dos sulcos fica entorno de 150nm com largura de 130nm. As trilhas possuem entre si uma distância de 320nm e o raio do feixe do laser possui uma área de 480nm. Como o comprimento da onda do laser é de 405nm o feixe fica com uma cor azulada, por isso o nome dado ao disco de Blu-ray. A Imagem 29 trará uma comparação entre os modelos estudados.

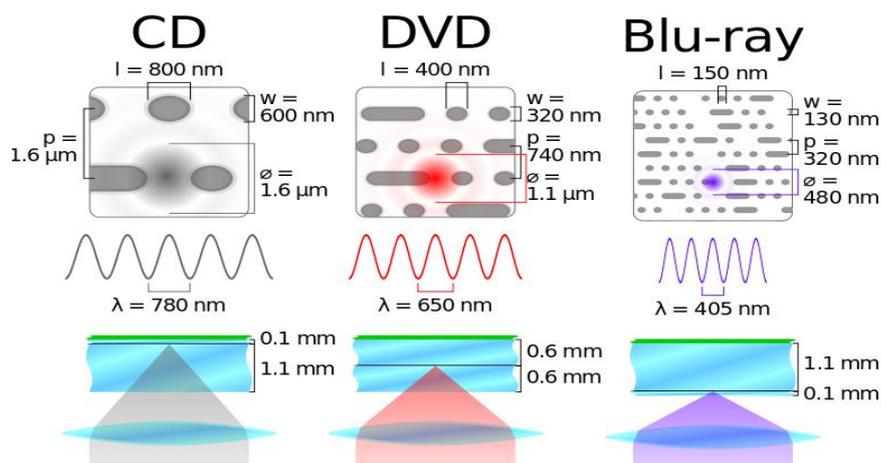


Imagem 29. Comparação da "queima" entre as mídias. O "I" representa o comprimento dos sulcos. O "w" a largura de cada sulco. O "p" a distância entre as trilhas. O "ø" o raio que feixe do laser atingi. O "λ" representa o comprimento da onda do laser. Fonte: Autor Desconhecido.

3.3.6 GRAVANDO E LENDO ARQUIVOS NO CD/DVD/BLU-RAY

Os dados gravados no disco são feitos por um feixe de laser que aquece a superfície do disco. Com uma temperatura que pode chegar até 400° Celsius, o laser aquece determinados pontos do disco, fazendo com que se crie pequenos "sulcos". Quando os dados são lidos os "sulcos" acabam dissipando o laser do leitor e refletindo quando a superfície estiver lisa. Assim o leitor consegue identificar os bits "1" que é a superfície lisa do disco e os bits "0" que são os pequenos sulcos. Quando o feixe do laser é refletido de volta para o drive o valor do bit é "1", se não o valor obtido é "0". A cabeça de leitura/gravação do drive começa a trabalhar pela parte mais interna em sentido a parte mais externa do disco, em formato de espiral (MORIMOTO, 2010).

Como foi estudado anteriormente, cada mídia possui um tamanho de feixe do laser possibilitando uma economia, de espaço no disco. O que resulta em uma melhor capacidade de armazenamento de dados.

Alguns drives conseguem ler/gravar em ambos os discos, mas estes drives possuem uma cabeça independente para leitura/gravação de CD/DVD e outra cabeça para o Blu-Ray, como a imagem 30 demonstra.

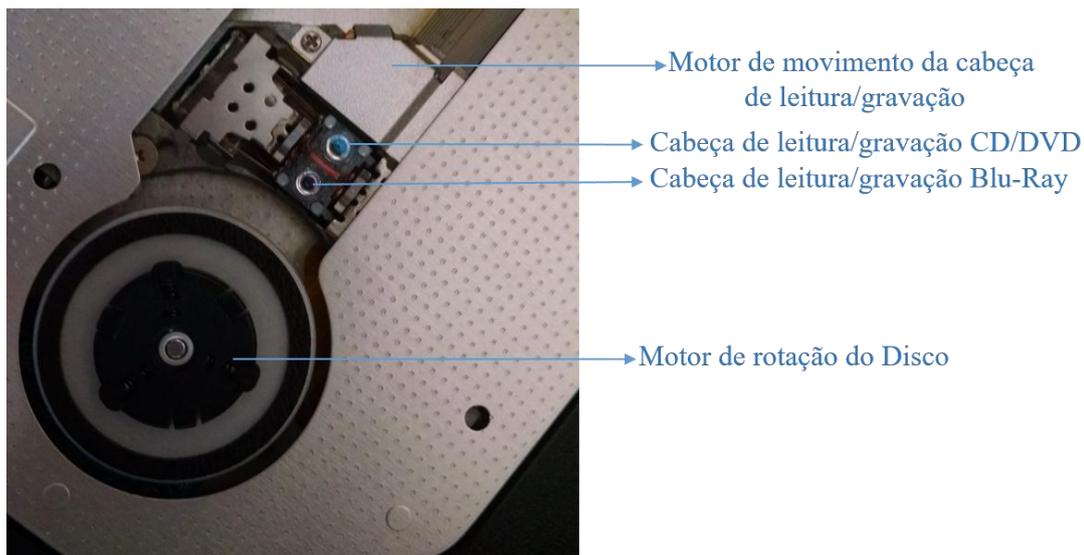


Imagem 30. Drive de Disco Óptico. Fonte: Daniel G. Barreirim.

3.4 HD (*Hard Disk*)

O HD ou *Hard Disk* se tornou o meio mais viável para se armazenar informações, devido ao fato de possuírem uma grande capacidade e um “baixo” custo de produção. O HD levou este nome por possuir discos rígidos magnéticos, que são chamados de *platters*. A vantagem de se utilizar este tipo de material rígido é evitar que ocorram danos na superfície do disco. Os platters possuem duas camadas, a primeira camada propriamente dita é o disco rígido feita de alumínio. Em alguns discos a primeira camada é feita de vidro, mas neste caso o valor de produção é um pouco maior. Sobre o platter é adicionada a segunda camada, formada de material magnético, que possui apenas alguns microns de espessura. Para que se evite algum tipo de dano sobre o disco, uma terceira camada é adicionada, chamada de camada de proteção. Como nos discos ópticos, esta camada é aplicada para proteger o disco de sofrer deformações na superfície (MORIMOTO, 2007).

No centro do disco, temos um eixo também feito de alumínio, que é soldado ao platter e está ligado ao motor de rotação. Dependendo do modelo do HD o motor de rotação dos discos gira entre 5.400 e 7.200 RPM⁵¹. Alguns discos mais caros

⁵¹RPM: rotações por minuto.

podem chegar até 10.000 RPM.

A leitura/gravação do disco é feita por uma cabeça eletromagnética que fica muito próxima ao disco, imperceptível a olho nu. Esta cabeça é presa a um braço móvel também feito de alumínio devido a leveza e resistência do metal. O serviço de realizar o posicionamento da cabeça de leitura é responsável pelo actuador. Utilizando um método de atração e repulsão magnética, chamado de *voice coil*. Este método utiliza ímãs de neodímio⁵² localizado nos braços. De acordo com a intensidade da corrente elétrica que passa pelo ímã, é alterada a sua potência e polaridade. Assim o braço móvel se movimenta e posiciona a cabeça de leitura/gravação no disco (MORIMOTO, 2007), conforme Imagem 31 e Imagem 32.

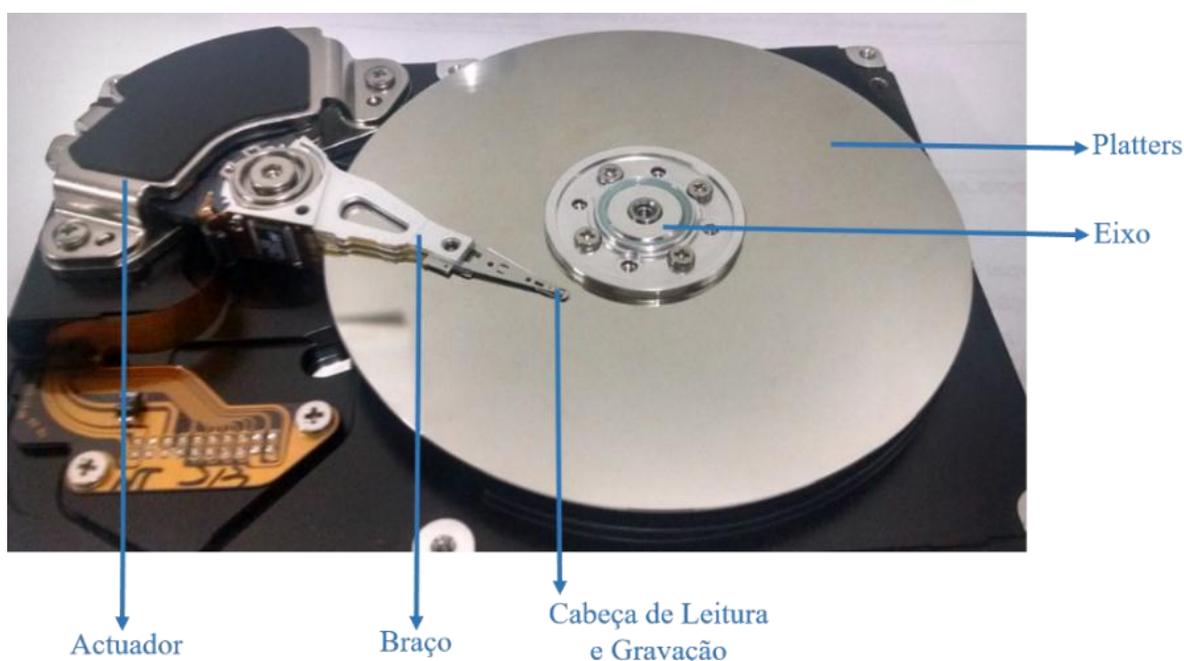


Imagem 31. Estrutura física do HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

⁵²Neodímio: (Nd) Elemento químico com número atômico 60, pertencente à família dos lantanídeos.

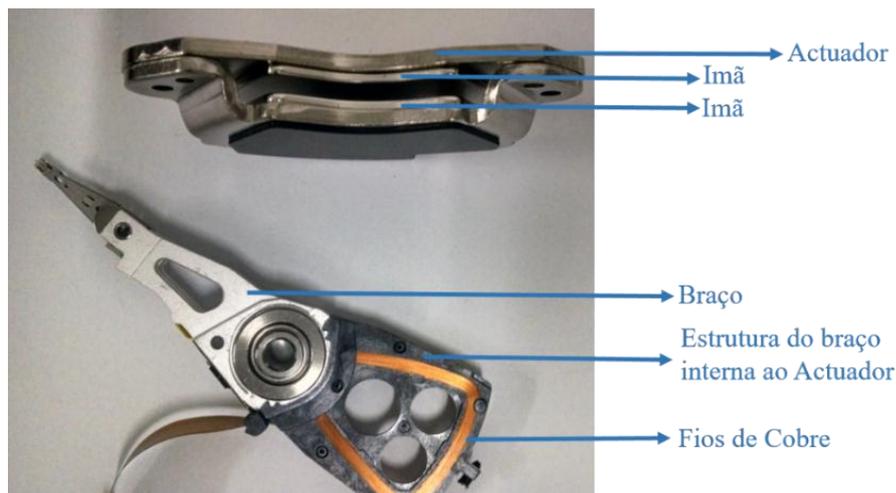


Imagem 32. Estrutura do interna do braço e do actuator. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Os fios de cobre são responsáveis por jogar a tensão nos ímãs de neodímio, fazendo com que a tensão do ímã se altere, resultando no movimento do braço.

“Na hora de ler os dados gravados, a cabeça de leitura capta o campo magnético gerado pelas moléculas alinhadas: a variação dos sinais magnéticos positivos e negativos gera uma corrente elétrica transmitida para a bobina de fios presentes na cabeça. Ao chegar à placa lógica do HD, esta corrente é interpretada como uma sequência de bits 1 e 0, que formam os diferentes arquivos gravados no disco rígido.”
(GUGELMIN, 2010)

O discos do HD são formados por cilindros, trilhas e setores. Isso facilita trabalho da cabeça de leitura/gravação em localizar os dados tanto na hora da leitura ou na hora de achar espaços disponíveis no disco na hora de gravar as informações. As trilhas são círculos concêntricos, que ficam menores quando mais próximas do centro do disco. Cada trilha se divide em vários setores, que possuem capacidade de 512bytes para armazenarem os dados.

Os HDs podem possuir de um a quatro discos e cada disco possui duas faces, assim se tem até 8 faces por HD. Como as cabeças de leitura são presas a um único braço, toda vez que se for ler ou gravar uma informação, o HD ativa a cabeça de leitura da face onde se trabalharão. Como todas as cabeças sempre estarão na mesma trilha, da sua respectiva face do disco, se recebe o nome de cilindro. O cilindro possui o mesmo número da trilha de cada disco, ou seja, cada trilha representa um cilindro. O cilindro 1 é formado pela trilha 1, de cada face, de todos os discos

(MORIMOTO, 2007).

Os dados são armazenados como um endereço, por exemplo, o pacote A está localizado no cilindro 2 da face 3 no setor 4.567. A Imagem 33, mostra como são localizados os dados no estio Setor, Trilha e Cilindro.

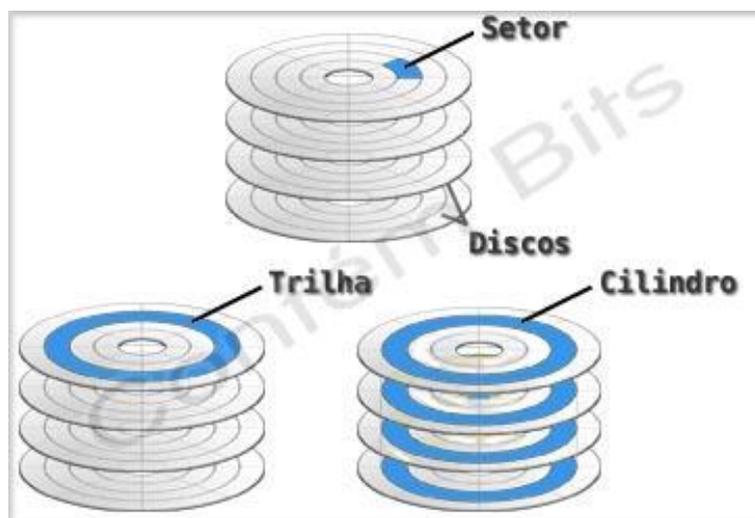


Imagem 33. Ilustração do cilindro, trilha e setor do HD.

O Padrão SATA ou Serial Advanced Technology Attachment é uma tecnologia de transferência de dados do HD com o computador. O padrão SATA possui 3 versões que são denominados de SATA I com uma taxa de transferência de 150MB/s, SATA II possui uma taxa de 300MB/s e o SATA III chega a transferir dados com cerca de 600MB/s.

3.5 Memória Flash (Pen /drive / SSD / Cartão de Memória)

O *Solid State Drive* (SSD) é um dispositivo para armazenar dados no computador, ou seja, tem a mesma funcionalidade de um HD, mas com uma estrutura completamente diferente. Como foi estudado o HD, armazena as informações em discos magnéticos, feitos de alumínio. O SSD utiliza chips de memória flash, como um *Pen-Drive*. Se comparar um SSD e um HD, o SSD além de ter um consumo elétrico menor, acesso aos dados mais rápido, também possui como vantagem ser resistente

a quedas. Como o HD possui uma cabeça de leitura/gravação que fica próxima ao disco, uma queda por exemplo, poderia danificar o disco e ocasionando a perda dos dados gravados. Mas o SSD possui um custo de produção por megabyte elevado (MORIMOTO, 2010a).

Como o SSD é uma memória flash, vamos entender como ela funciona. A memória flash é uma memória do tipo *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM) ou Memória Somente de Leitura Programável Apagável Eletricamente. Este tipo de memória não necessita de uma fonte de energia para manter as informações armazenadas, ou seja, ela é uma memória não volátil. A diferença entre a EEPROM e a flash é que a flash apaga os blocos de informações e não apenas os reescrevem como as EEPROM. A memória flash possui dois tipos: a **NOR** e **NAND**. A memória **NOR** sigla de “Not OR”, trabalha com acesso aleatório as células. Atualmente elas são utilizadas para armazenar firmwares em dispositivos até mesmo a BIOS da placa mãe. A maior limitação da NOR é o tempo de gravação das células que é muito demorado e possui um custo de produção caro. O outro tipo é a **NAND**, sigla de “Not AND”, diferentemente da NOR, a NAND trabalha com acesso sequencial as células. A NAND não acessa as células individualmente mais sim em um conjunto de blocos. A memória NAND atualmente é a mais utilizada em SSDs, Pen-Drives, cartões de memória, etc. (MORIMOTO, 2007).

Parecida com um transistor MOSFET⁵³, a flash possui um substrato de “wafer de silício” e dois gates⁵⁴.

“O primeiro é o “control gate”, que é usado para ativar a célula e fazer a leitura dos dados armazenados. Os dados propriamente ditos são armazenados no segundo, o “floating gate”, que é precisamente construído entre duas camadas de óxido de silício (oxide layer). O termo “floating” indica justamente o fato de ele ser posicionado entre as duas camadas, sem contato direto com os outros componentes da célula.”
(MORIMOTO, 2010)

Conforme a citação de Morimoto, a Imagem 34 mostra como é a estrutura de uma memória flash.

⁵³MOSFET: Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor ou Transistor de Efeito de Campo Metal-Óxido Semicondutor.

⁵⁴ Gates: ou Base.

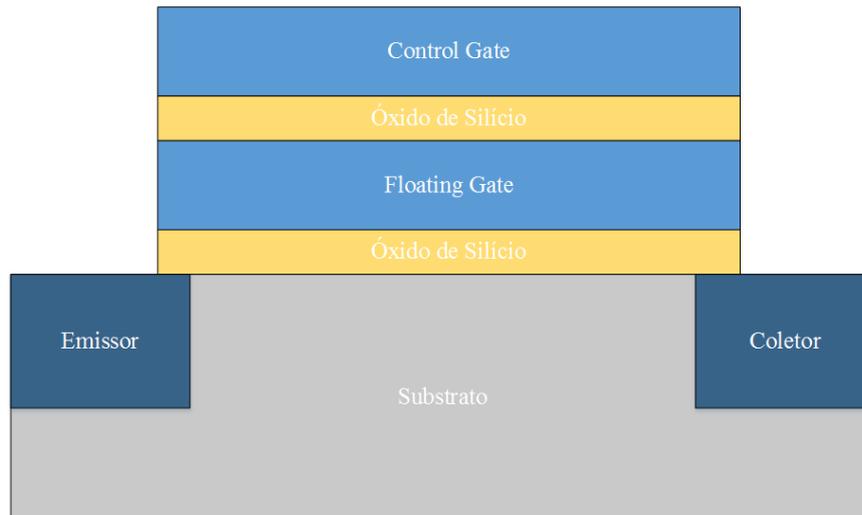


Imagem 34. Estrutura de uma célula de memória flash NAND. Fonte: Daniel G. Barreirim.

O óxido de silício possui carga negativa, o que gera uma barreira protetora de elétrons, impedindo que a floating gate perca a carga. Isso implicaria na perda dos dados.

Quando se grava os dados nas células, primeiro se ativa o transistor que aplica uma corrente no control gate. A Corrente passa do “Emissor” para o “Coletor”. Essa corrente faz que alguns elétrons entrem no floating gate e fiquem presos devido ao óxido de silício. Quando os dados são apagados ou modificados, uma corrente passa entre o “Emissor” e o control gate, removendo a carga do floating gate. Essa corrente faz com que as células voltem ao estado original e possam ser novamente programadas. (MORIMOTO, 2010a).

Segundo Morimoto (2012), os SSDs possuem três padrões de gravação dos dados, são eles:

- **SLC:** ou *Single-Level Cell*, utilizadas em SSDs de alto desempenho. Possuem uma vida útil maior que os outros padrões, elas armazenam um bit em cada célula, assim elas se tornam o padrão mais rápido. Mas possuem um custo de produção elevado;
- **MLC:** ou *Multi-Level Cell*, este padrão consiste em armazenar dois bits por célula deixando-a mais lenta que a SLC, possui um custo de produção menor que o SLC;
- **TLC:** ou *Triple-Level Cell*, pode armazenar três bits simultaneamente. A vantagem deste padrão é que torna os SSDs mais acessíveis que os

utilizando o SLC ou MLC. O custo de produção é ainda menor que o utilizando a tecnologia MLC. Sua vida útil é menor que os outros padrões.

Segundo Morimoto (2010), “todo chip de memória Flash suporta um número finito de operações de escrita (de 10.000 a 100.000) mas suporta um número quase ilimitado de operações de leitura.” A vida útil varia de acordo com o padrão utilizado no SSD para gravar os dados.

3.5.1 ARQUITETURA SSD

O SSD, possui, além dos bancos de memória NAND, um controlador “*controller*”, que é uma memória DRAM. A memória DRAM trabalha como um buffer, que armazena as informações mais utilizadas, agilizando o acesso aos dados e reduzindo a latência. O módulo DRAM também armazena as informações antes de serem gravadas nos bancos NAND (BRAGION, 2012).

O *controller* é a parte mais importante do SSD, pois ele gerencia todos os dados que são lidos ou escritos no drive. Ele possui controle sobre o desgaste das células, mapeia os *Bad Block*⁵⁵ e também correções de erros “*Error Correction Code*” (BRAGION, 2012). Os bancos de memória NAND são onde os dados serão gravados utilizando os padrões apresentados a cima, SLC, MLC ou TLC. (BRAGION, 2012). A Imagem 35 mostra a estrutura do SSD.

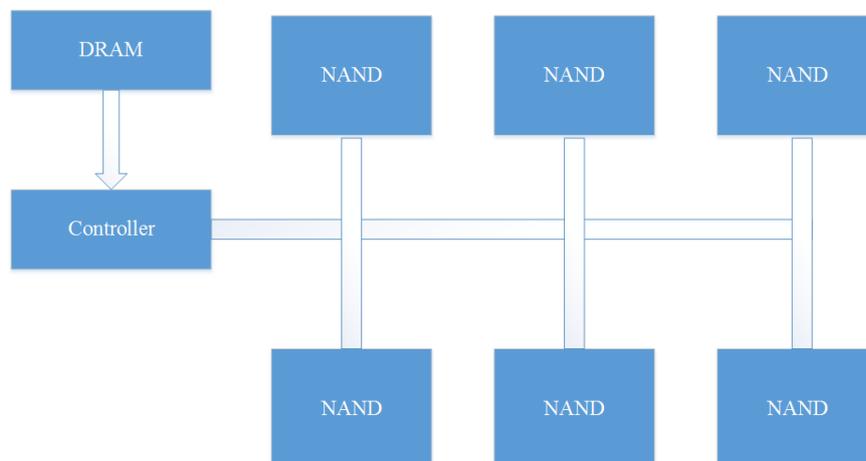


Imagem 35. Estrutura SSD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

⁵⁵Bad Block: são setores defeituosos dos dispositivos de armazenamento.

O *controller* também possui alguns componentes dentro dele, como um buffer que armazena temporariamente o ponto de acesso das informações, um *Micro Controller* que atua capturando os dados que estão entrando e distribuindo entre os canais para serem armazenados ou lidos nos bancos de memória NAND. Já o *Module Interface Flash* (FIM) ou módulos de interface flash mapeiam todos os setores dos bancos NAND, transformando os endereços lógicos em endereços físicos. O FIM pode utilizar uma tabela contendo todos os endereços, ou, armazenando os dados em formas de ponteiro (BRAGION, 2012). A Imagem 36 mostra os componentes localizados no *controller* do SSD.

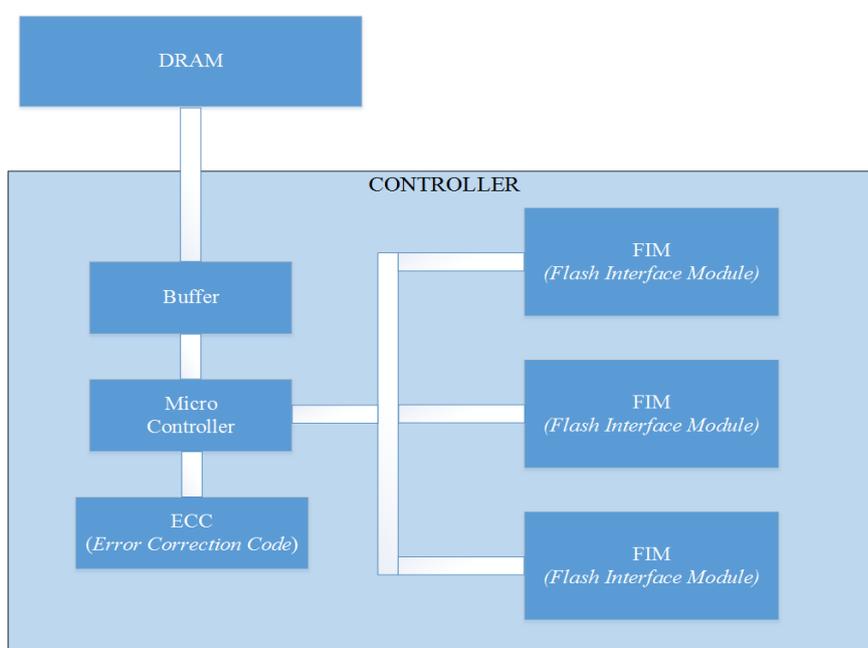


Imagem 36. Componentes do Controller do SSD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

3.6 Solid State Hybrid Disc (SSHD)

O *Solid State Hybrid Disc* (SSHD) ou Disco Híbrido de Estado Sólido é a junção dos pontos positivos do HD e do SDD. Possui um desempenho equivalente ao do SSD, mas um custo de produção quase igual ao de um HD.

Este disco híbrido foi desenvolvido pela Seagate, que procurava uma solução de melhor custo benefício. Assim, o SSHD junta o alto desempenho do SSD

e a grande capacidade de armazenamento do HD. Pensando nesta solução a Seagate desenvolveu uma tecnologia chamada *Adaptive Memory* (SEAGATE).

“A tecnologia do SSHD usa a quantidade certa de flash NAND ultrarrápida (o mesmo tipo usado em SSDs) para aumentar o desempenho do sistema. A tecnologia Seagate AdaptiveMemory™ identifica eficientemente os dados usados com mais frequência e os armazena na flash NAND. O resultado é o incrível aprimoramento nos tempos de inicialização, carregamento de aplicativos e resposta geral do sistema.”
(SEAGATE)

A tecnologia Adaptive Memory consegue priorizar os dados, que são utilizados com mais frequência e os armazena na memória flash, como um buffer. Esta tecnologia também identifica os dados mais importantes para o desempenho e os move do HD para a memória flash. Por exemplo, as informações que são utilizadas na inicialização de um computador são armazenadas na memória flash. Quando os dados são muito grandes, como um filme, por exemplo, eles são gravados diretamente no disco (SEAGATE). A Imagem 37 mostra a estrutura do SSHD.

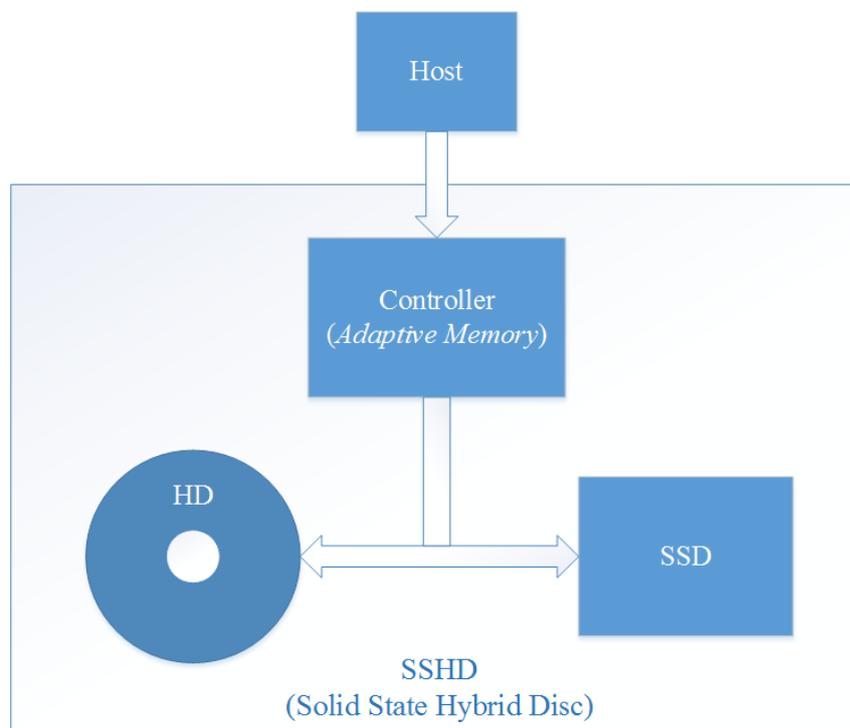


Imagem 37. Estrutura SSHD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

4 Escolhendo as ferramentas

A escolha das ferramentas de recuperação de arquivos foi fundamentada em alguns critérios.

O primeiro critério foi fundamentado em referências bibliográficas. No livro “Hardware, O Guia Definitivo” de Carlos E. Morimoto, no capítulo 6, ele cita quatro ferramentas que são: Photorec, PC Inspector File Recovery, Test Disk, Easy Recovery e Data Recovery. No entanto, não será utilizado o Easy Recovery e Data Recovery, por serem ferramentas pagas e o foco deste trabalho é o uso ferramentas gratuitas.

O segundo critério foi a popularidade das ferramentas e a avaliação que cada uma recebeu. A popularidade representa a quantidade de downloads de cada ferramenta. E a avaliação é feita sobre a quantidade de votos positivos que cada uma recebeu, de acordo com os sites utilizados. Os sites utilizados foram o Baixaki e o SuperDownloads.

A primeira ferramenta foi o Recuva, que possui 9.833.625 downloads nos dois sites e uma avaliação geral de 2.648 votos. A segunda ferramenta foi o Disk Drill, que possui 317.623 downloads e 6.032 votos.

Por último, temos o Live CD do Ubuntu, que mesmo não sendo uma ferramenta específica para recuperação de arquivos, possui algumas funcionalidades que podem ser úteis na hora de recuperar alguns arquivos. O Live CD utilizado foi o do Ubuntu 14.10, devido a sua boa usabilidade. Além disso, alguns notebooks atualmente estão vindo com este sistema operacional de fábrica.

De acordo com os critérios foram escolhidas as 5 ferramentas que são:

- **Test Disk:** O Test Disk é uma ferramenta multi-plataforma desenvolvida pela *CG Security* empresa de Christophe Grenier criador do *software*. Este *software* é distribuído sob a Licença Pública Geral GNU (GPLV v2 +). O Test Disk repara as partições recuperando a tabela de partição que foi perdida por um vírus ou por erro humano (por exemplo, quando se apagada a tabela de partição). Atualmente o Test Disk está na versão 7.0, mas também possui uma versão Beta 7.1. Como o Test Disk é uma ferramenta de recuperação de partições esta ferramenta não será utilizada nos testes. (GRENIER, 2014);

- **Photorec:** O Photorec também é desenvolvido pela *CG Security*, mas

diferentemente do Test Disk, recupera apenas arquivos e não partições inteiras. Este software também é multi-plataforma e é distribuído sob Licença Pública Geral GNU (GPLV v2). Como o *software* é multi-plataforma, ele consegue abranger uma gama muito grande de sistemas de arquivos e extensões. Por exemplo, há versões para Linux (ext), Windows (NTFS, FAT) e Mac (HFS), e recupera arquivos com extensões: docx, pptx, wma, wmv, png, jpeg, entre outros. A ideia inicial do Photorec era apenas de recuperar imagens deletadas de câmeras e cartões de memória. Com o grande crescimento de dados em geral (Imagens, Textos, Vídeos, etc.) o Photorec recebeu atualizações para suprir tal demanda. Como o Photorec é desenvolvido junto com o Test Disk ele está na versão 7.0 e também possui a versão Beta 7.1 (GRENIER, 2015);

- **PC Inspector File Recovery:** O PC Inspector File Recovery é desenvolvido pelo grupo *CONVAR EUROPE Ltd.* Este *software* consegue recuperar apenas arquivos em sistemas FAT e NTFS. Este é um *software* proprietário e está na versão 4x. Apenas a licença de uso é disponibilizada gratuitamente para os usuários, mas seu código é de propriedade da empresa desenvolvedor (MORIMOTO, 2007);

- **Disk Drill:** Desenvolvido pela *CleverFiles* o Disk Drill consegue recuperar tanto arquivos como partições inteiras. O *software* possui suporte tanto para Windows como Mac, e recupera dados em diversos sistemas de arquivos, como HFS, FAT, NTFS e EXT. A licença do *software* é gratuita e sua versão atual é a 1.0.188 (CLEVERFILES, 2015);

- **Recuva:** Ferramenta gratuita desenvolvida pela *Piriform*, utilizada para recuperação de arquivos no Windows. O Recuva possui duas licenças, uma gratuita e uma paga, a versão gratuita possui apenas a função de recuperação de arquivos. A licença paga possui a função de recuperação de arquivo, suporte virtual do HD e atualização automática. A atual versão é a 1.52.1086 (PIRIFORM, 2015).

5 Apresentação dos Resultados Obtidos

Neste capítulo serão apresentados os cenários em que as ferramentas de recuperação de arquivos foram utilizadas. Também será apresentado o resultado dos dados obtidos durante a realização dos testes.

Como a proposta deste trabalho é recuperação de arquivos logicamente e voltada para usuários comuns. Os cenários criados foram dois:

- **Cenário 1:** neste cenário foi feita uma simulação de uma exclusão acidental. Os arquivos foram copiados para os dispositivos e utilizando o atalho de tecladas “Shift + Delete”, eles foram excluídos permanente do dispositivo de armazenamento e assim realizando os testes. Antes de cada teste realizado foi feita uma formatação completa do dispositivo;

- **Cenário 2:** neste segundo cenário a simulação foi feita em cima de uma formatação acidental. Os arquivos foram copiados para os dispositivos e clicando com o botão auxiliar do mouse em cima do dispositivo e escolhendo a opção “Formatar” e “Iniciar”. Como no cenário 1 antes de cada teste foi realizada uma formatação completa do dispositivo.

Os resultados foram divididos em quatro categorias:

- **Recuperados:** quando os dados foram completamente recuperados. Mesmo quando alguns dados recuperados possuem o nome do cluster onde estava localizado. Mas com a todo o corpo do arquivo recuperado;

- **Parcial:** quando os arquivos não foram completamente recuperados, assim sendo visualizados por pedaços;

- **Não Recuperados:** quando nenhum arquivo foi encontrado ou recuperado;

- **Falso Positivo:** quando a ferramenta de recuperação apresenta que o arquivo foi recuperado, mas ao inicializar o arquivo ele está corrompido;

Todos os cenários foram realizados utilizando um equipamento com as seguintes especificações:

Tabela 4. Hardware Utilizado nos testes.

Hardware Utilizado	
Processador	Pentium ® D CPU 3.4 GHZ
Memória	8GB
Hard Disk (HD)	Samsung HD161GJ 160GB 7200 RPM
Solid State Drive (SSD)	Samsung 840 EVO 250 GB
Pen Drive	EMTEC 8GB
Sistema Operacional	Windows 7 Professional 64 Bits

Todo hardware utilizado pertence ao IFGoiano – *Campus Morrinhos*, com exceção do SSD que é um hardware pessoal.

Durante a realização dos testes o dispositivo SSD apresentou uma falha, que o impedia de realizar qualquer tipo de formatação via interface gráfica ou pelo prompt de comandos do Windows. Esta falha ocorreu após a utilização da Ferramenta Disk Drill, uma solução foi a inserção do CD de instalação do Windows 7 e realizando a formatação por eles. Mas pelo fato do SSD ser um produto importado e de alto custo os testes realizados nele foram cancelados.

Os arquivos utilizados nos testes:

Tabela 5. Quantidade e Extensões de arquivos utilizadas nos testes.

Documentos											
Extensão	DOC	DOCX	PPT	PPTX	XLS	XLSX	PDF	ODT	ODS	ODP	Total
Quantidade	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
Vídeo											
Extensão	AVI	MP4	WMV	MPG	RMVB	Total					
Quantidade	5	5	5	5	5	25					
Áudio											
Extensão	FLAC	MP3	WAV	WMA	Total						
Quantidade	5	5	5	5	20						
Imagens											
Extensão	BMP	PNG	JPG	Total							
Quantidade	7	7	7	21							

Assim totalizando 116 arquivos, com 5 arquivos diferentes para cada extensão, exceto os do tipo “Imagens” que foram utilizados 7 arquivos. Uma especificação um pouco mais detalha sobre as extensões de arquivos utilizadas pode ser encontrada na tabela de siglas.

Antes de se recuperar os arquivos duas regras básicas devem ser utilizadas:

- **Regra 1:** evitar ao máximo copiar arquivos para os mesmo local onde

estão os arquivos a serem recuperados, pois os arquivos podem ser sobrescritos assim dificultando ainda mais a sua recuperação. Caso os arquivos sejam sobrescritos as ferramentas utilizadas não podem recupera-los e assim tendo a necessidade de procurar uma empresa especializada em recuperação.

- **Regra 2:** Não salvar os arquivos recuperados na mesma partição no qual estão os arquivos a serem recuperados. Arquivos com o mesmo nome são sobrescritos. Mesmo o que 1 HD possua 2 partições, sempre salve os arquivos recuperados na partição diferente.

Cada ferramenta foi testada 5 vezes em cada cenário e em cada dispositivo de hardware. Por exemplo, foi realizado com a ferramenta Recuva 5 testes no cenário 1 e 5 testes no cenário 2, utilizando o dispositivo HD, *Pen Drive* e SSD. Assim possuindo um total de 20 a 30 testes por ferramenta. Ficando com 30 Testes as ferramentas que foram testadas no SSD, e 20 testes as demais ferramentas.

5.1 Resultados Obtidos Pelo Recuva

5.1.1 Hard Disk

5.1.1.1 Cenário 1

Os testes realizados com a ferramenta Recuva, no cenário 1, utilizando o dispositivo de armazenamento Hard Disk, recuperaram todos os arquivos de documento, imagem, áudio e vídeo. A ferramenta teve, portanto, eficácia de 100% de recuperação, com um tempo médio de 55 minutos por teste, conforme a Imagem 38.

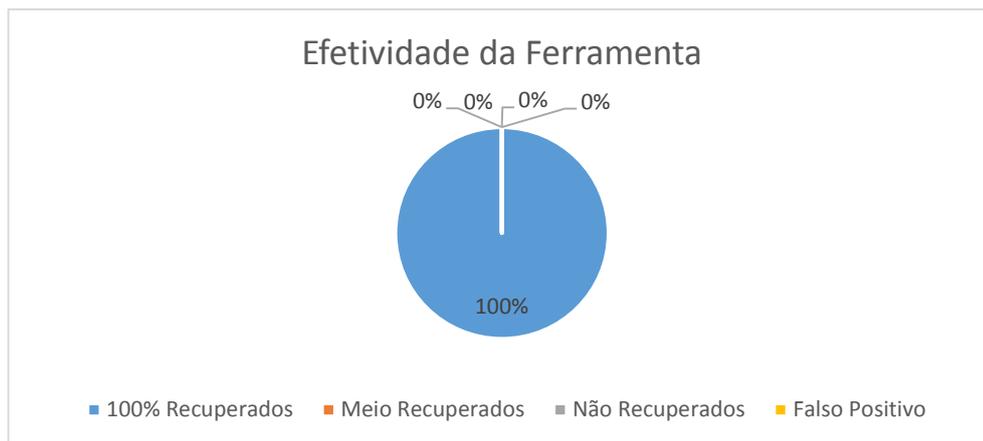


Imagem 38. Efetividade da Ferramenta Recuva no Cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.1.1.2 Cenário 2

Os testes no cenário 2 apresentaram algumas variações em relação ao cenário 1. Essas variações ocorreram em alguns arquivos de documentos, DOC, DOCX, PDF e ODS, em arquivos de áudio FLAC e arquivos de vídeo RMVB. Os arquivos do tipo imagem foram todos recuperados. A eficácia da ferramenta variou entre 81% e 87%, e cada teste durou aproximadamente 44 minutos, com exceção do teste 3 que gastou 57 min. A Imagem 39 demonstra o resultado obtido.

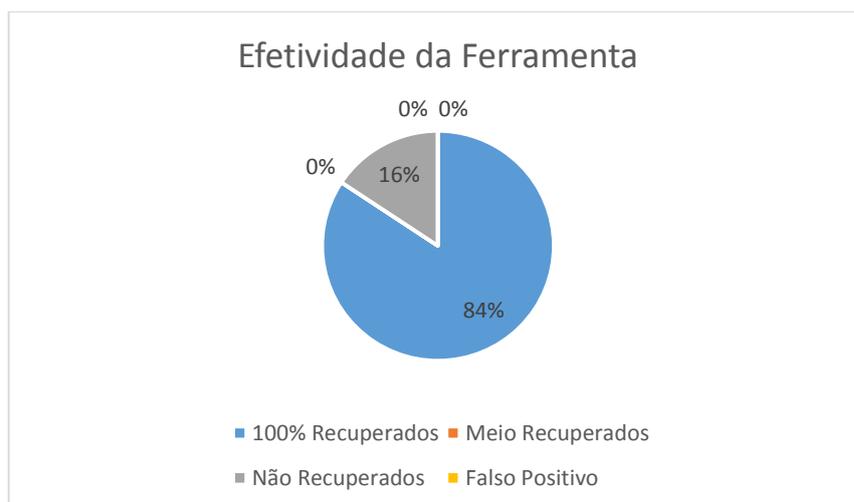


Imagem 39. Efetividade da Ferramenta Recuva no Cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Em todos os testes, os arquivos DOC recuperaram 60%, enquanto que nos

testes 1 e 2 não foi recuperado nenhum arquivo do tipo DOC. Dois arquivos DOCX não foram recuperados no teste 1 e 2. A taxa de recuperação ficou em 80%. Os arquivos PDF não foram recuperados em nenhum dos testes. Durante o teste 3 e 4, um arquivo do tipo ODS não foi recuperado em cada teste, conforme a Imagem 40.

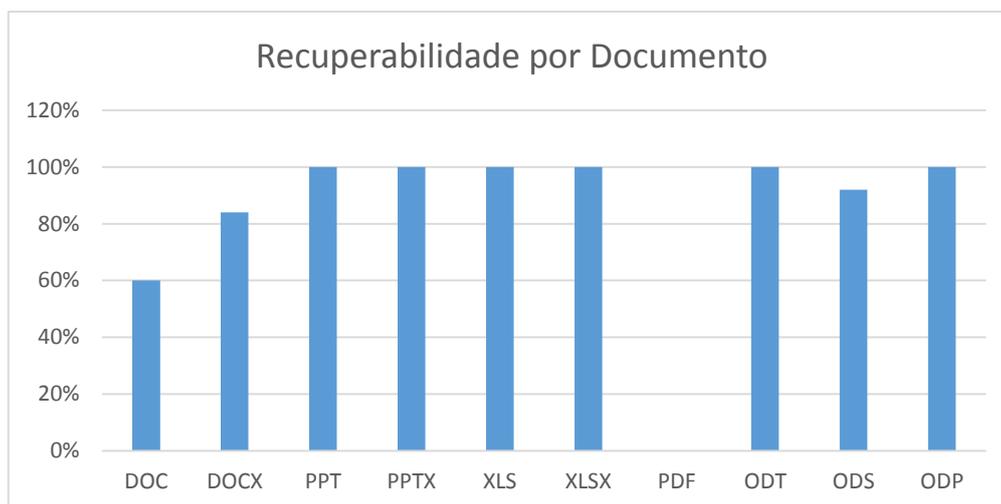


Imagem 40. Recuperabilidade por Documento no Cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Os arquivos de áudio do tipo FLAC e vídeo do tipo RMVB não foram recuperados em nenhum teste. Como a Imagem 41 representa.

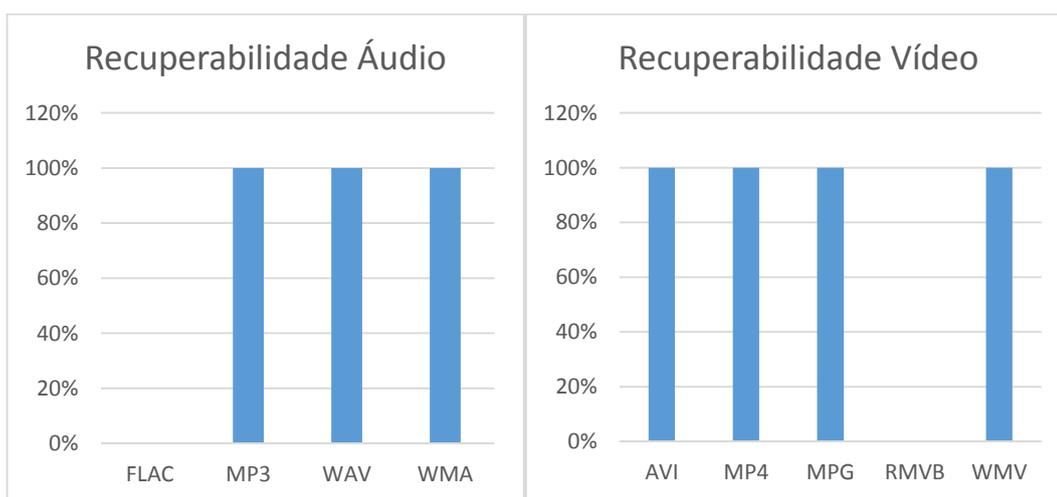


Imagem 41. Recuperabilidade Arquivos Áudio e Vídeo no Cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.1.2 Solid State Disk

Todos os testes com a ferramenta Recuva utilizando o dispositivo de armazenamento SSD no cenário 1 recuperou os arquivos, mas com a categoria “Falso Positivo”, ou seja, todos os arquivos recuperados vieram corrompidos. Os testes realizados no Cenário 2 com a ferramenta Recuva com o dispositivo SSD, não recuperou nenhum arquivo. Todos testes ficaram com um tempo em torno de 33 minutos. Mas nenhum arquivo podendo ser visualizado. Como as Imagens 42 e 43 demonstram.

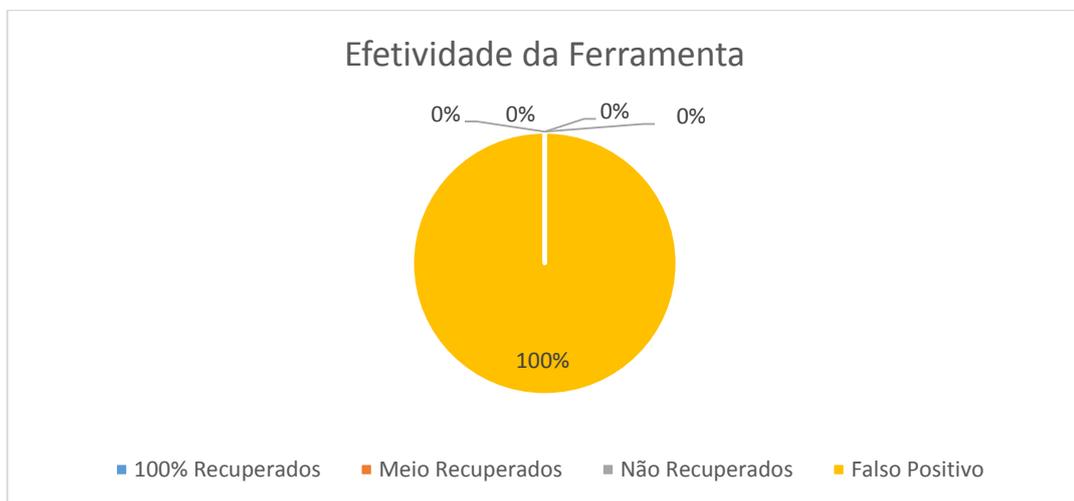


Imagem 42. Efetividade da Ferramenta Recuva no Cenário 1, utilizando SSD. Fonte: Daniel G. Barreirim.



Imagem 43. Efetividade da Ferramenta Recuva no Cenário 2, utilizando SSD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.1.3 Pen Drive

5.1.3.1 Cenário 1

Os testes com a ferramenta Recuva utilizando o dispositivo de armazenamento *Pen Drive*, teve uma efetividade de 64% recuperados, 22% de falso positivo e 14% não recuperados. A maior variabilidade de arquivos “Não Recuperados” ficou por conta dos documentos, imagem e áudio. Na categoria de “Falso Positivo” também ficou responsável por uma parte de áudio e o maior responsável foram os vídeos. Os testes ficaram com um tempo médio entorno de 13 minutos, como a Imagem 44 demonstra.

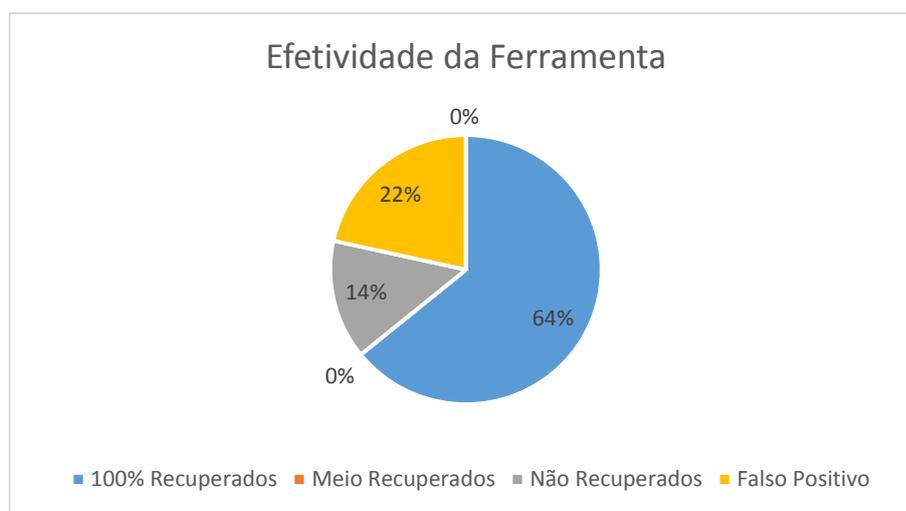


Imagem 44. Efetividade da Ferramenta Recuva no cenário 1, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Os arquivos do tipo documento durante o teste 1 recuperou apenas 2 documentos com a extensão DOC. Os arquivos do tipo imagem no teste 1 não recuperou nenhum arquivo. Durante o restante dos testes todos os arquivos do tipo documento e imagem foram recuperados. Como a Imagem 45 na próxima página representa.

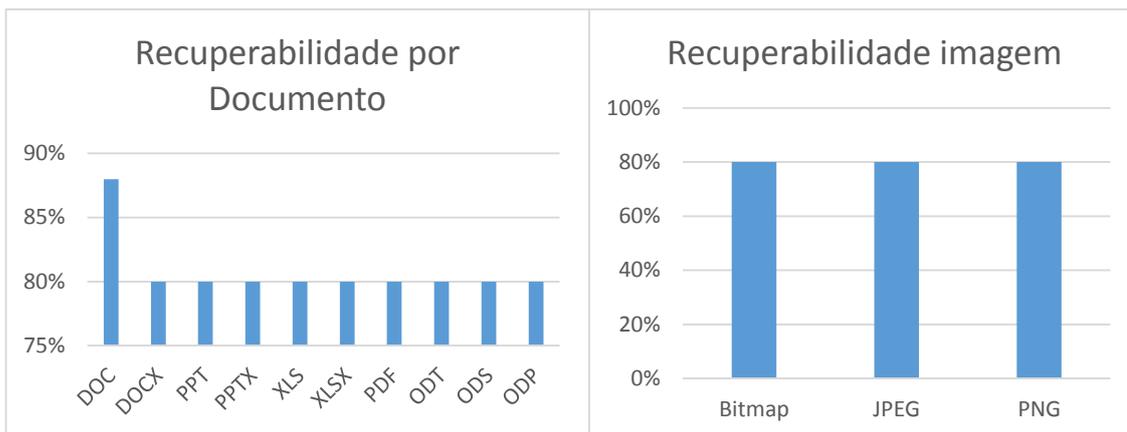


Imagem 45. Recuperabilidade por Documento e Imagem no cenário1, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Os arquivos com extensão RMVB em nenhum dos teste foram recuperados. Apenas no teste 1 os arquivos com extensão AVI, MP4 e WMV foram recuperados. Os arquivos do tipo áudio no teste 1 recuperou 1 arquivo MP3 e 5 arquivos WMA. No restante dos testes nenhum arquivo WMA foi recuperado e todos os arquivos do tipo FLAC, MP3 e WAV foram recuperados. A Imagem 46 demonstra os resultados obtidos.

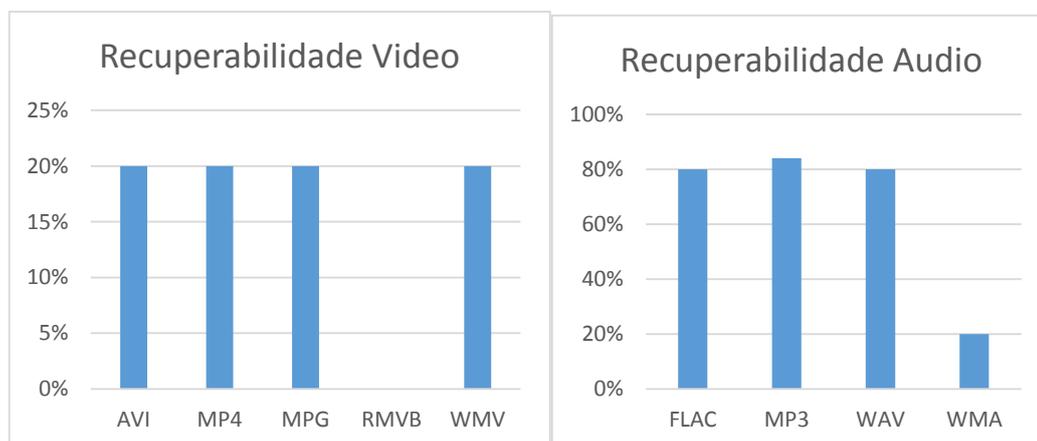


Imagem 46. Recuperabilidade por Vídeo e Áudio no cenário1, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.1.3.2 Cenário 2

Todos os testes realizados com a ferramenta Recuva no cenário 2, utilizando o dispositivo de armazenamento Pen Drive, teve uma efetividade de 100%. Todos os arquivos do tipo documentos, imagem, áudio e vídeo, foram recuperados. O tempo médio de cada teste ficou em torno de 17 minutos. Conforme a Imagem 47.



Imagem 47. Efetividade da Ferramenta Recuva no cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.1.4 Comparativo do Hardware com a Ferramenta

5.1.4.1 Cenário 1

Durante o cenário 1, a ferramenta Recuva obteve um melhor desempenho utilizando o HD. Assim recuperando 100% dos dados deletados. A recuperação dos dados utilizando um Pen Drive possui um desempenho razoavelmente bom recuperando arquivos do tipo documento e imagens. O seu maior ponto foi na recuperação de arquivos com a extensão DOC. A utilização de um SSD acabou sendo

um ponto negativo, pois não recuperou nenhum arquivo. Conforme a Imagem 48 na próxima página.

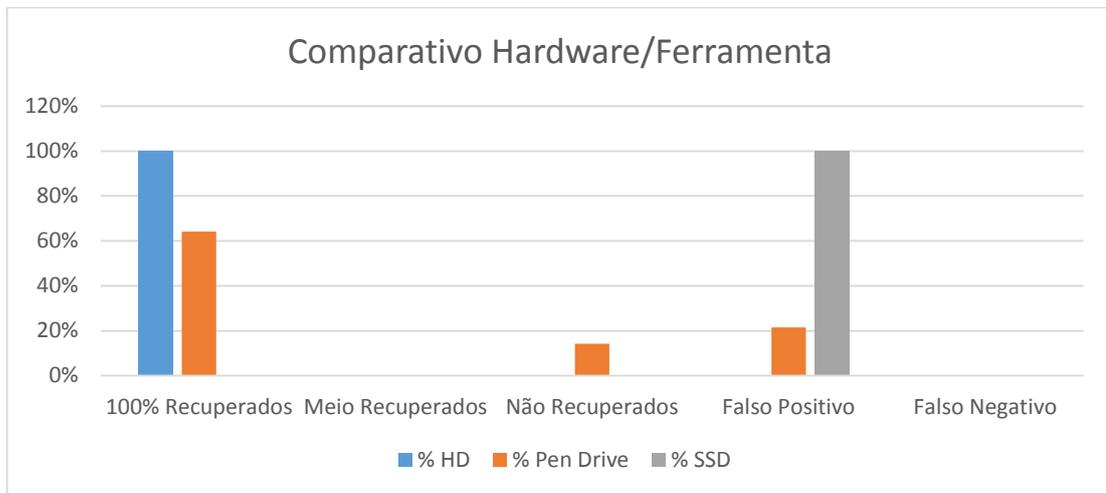


Imagem 48. Comparativo Hardware/Ferramenta no Cenário 1. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.1.4.2 Cenário 2

Ao contrário do cenário, o desempenho do Pen Drive acabou superando o do HD, assim recuperando 100% de seus arquivos. Mas o dados do SSD acabaram não mudando, como na Imagem 49 está mostrando.

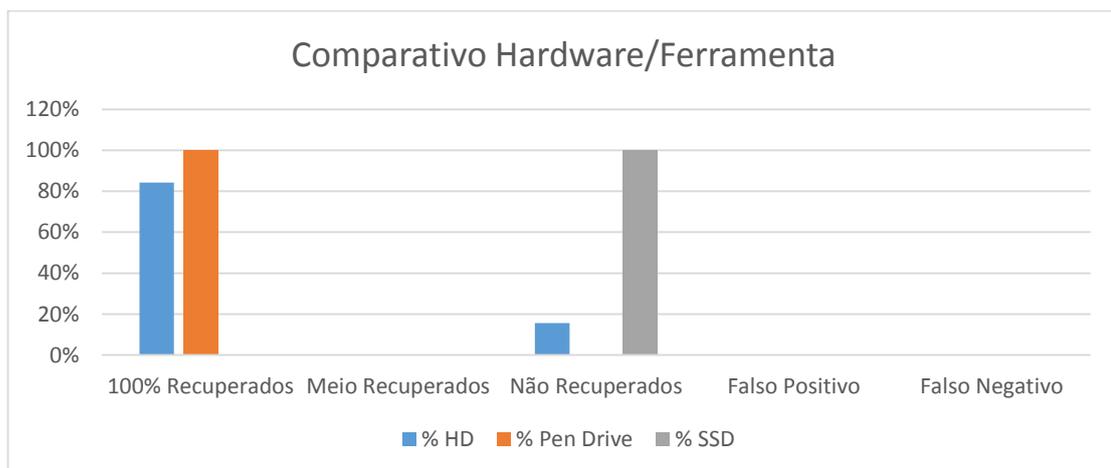


Imagem 49. Comparativo Hardware/Ferramenta no Cenário 2. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.2 Resultados Obtidos pelo Disk Drill

5.2.1 Hard Disck

5.2.1.1 Cenário 1

Os testes realizados com a ferramenta Disk Drill resultaram em 66% de arquivos recuperados, 31% de arquivos não recuperados e apenas 3% de arquivos meio recuperados. Estes testes foram realizados utilizando o cenário 1 com o dispositivo de armazenamento HD. O tempo médio dos teste do Disk Drill ficou por volta de 40 minutos, conforme a Imagem 50.

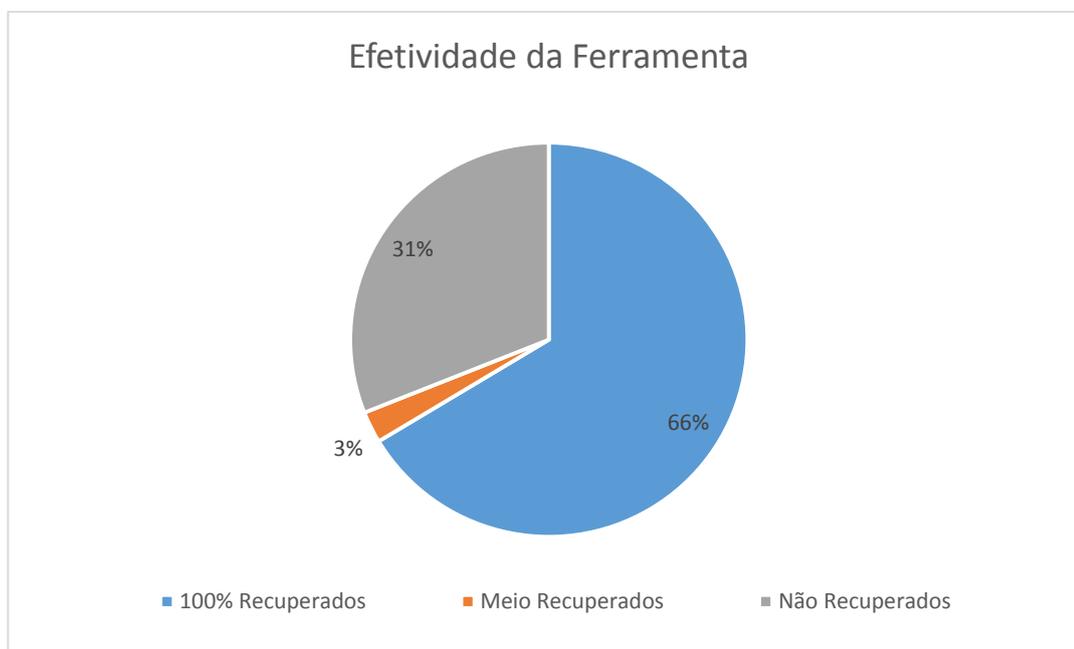


Imagem 50. Efetividade da Ferramenta Disk Drill no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Apenas o teste 3 não recuperou os arquivos do tipo documentos e imagens, com exceção dos arquivos com extensão DOC, que em todos os testes foram recuperados. Os arquivos do tipo áudio no teste 1, 2 e 5 não recuperou nenhuma extensão MP3 e WAV. No teste 3 os arquivos de áudio não foram recuperados, em quanto no teste 4 não se recuperou as extensões MP3 e WMA. No teste 1 e 5 todos os arquivo de vídeo foram recuperados. A maior variabilidade de extensões de vídeo recuperadas ficou nos teste 2, 3 e 4. No teste 2, foram 5 arquivos AVI e 1 MP4 recuperados, todos os arquivos MPG, RMVB e WMV foram recuperados mais não totalmente, assim a visualização ficou falha, e adquirindo a categoria “Meio Recuperados”. No teste 3 apenas 2 arquivos AVI recuperados. O teste 4 recuperou, 5 AVI e 3 MP4. A Imagem 51 representa os dados obtidos.

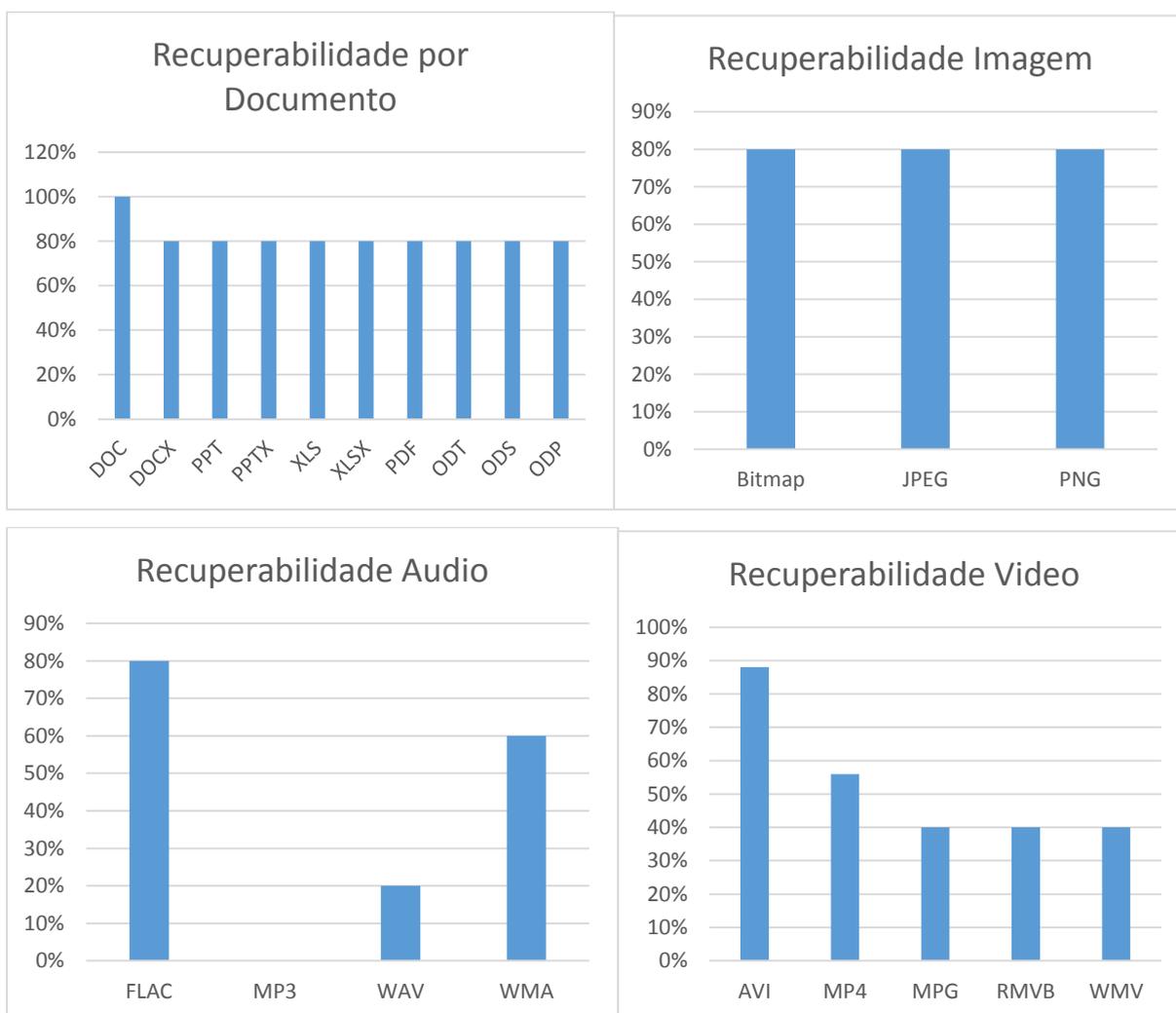


Imagem 51. Recuperabilidade por Documento, Imagem, Áudio e Vídeo no cenário1, utilizando HD.

Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.2.1.2 Cenário 2

Os teste no cenário 2 com o Disk Drill possuiu uma efetividade de 91%. As únicas extensões não recuperados foram MP3 e WMA. Mas durante o teste 1, 2 e 3 apenas 1 arquivo ODS não conseguiu ser recuperado. O tempo médio ficou em de 40 minutos. As Imagens 52 e 53 representam os resultados.

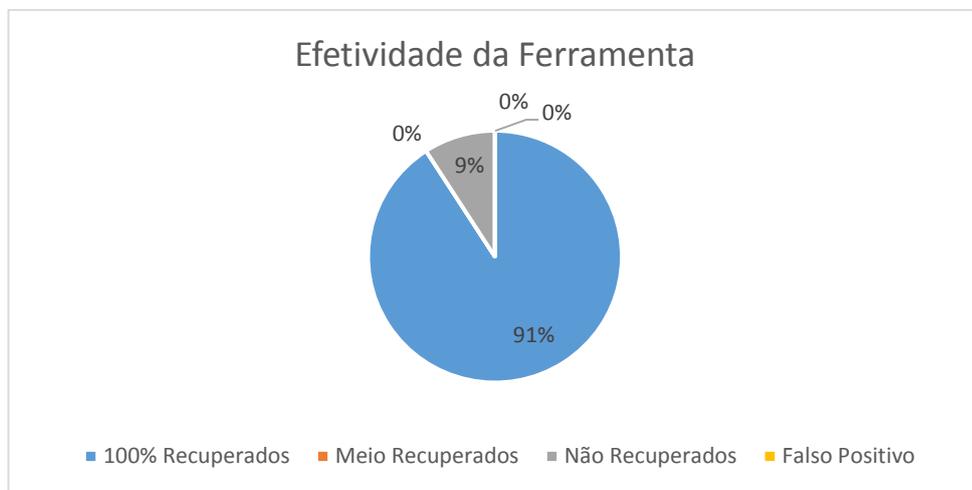


Imagem 52. Efetividade da Ferramenta Disk Drill no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

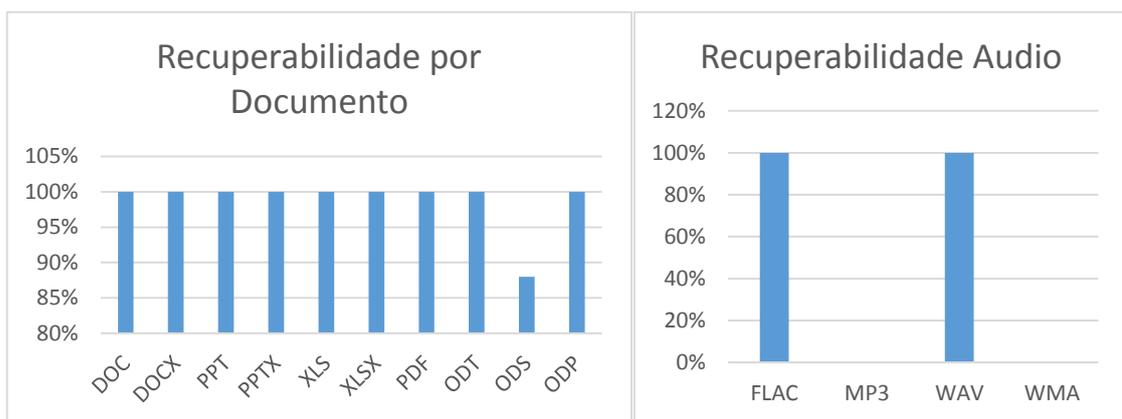


Imagem 53. Recuperabilidade por Documento e Áudio no cenário2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.2.2 Solid State Disk

Todos os testes realizados com a ferramenta Disk Drill no cenário 1, utilizando o SSD vieram falso positivo. Todos os arquivos recuperados estavam corrompidos. Os testes com a ferramenta no cenário 2 não conseguiu recupera nenhum arquivo. Todos os testes tiveram um tempo médio e 32 minutos. As Imagens 54 e 55 mostram os resultados com o SSD.

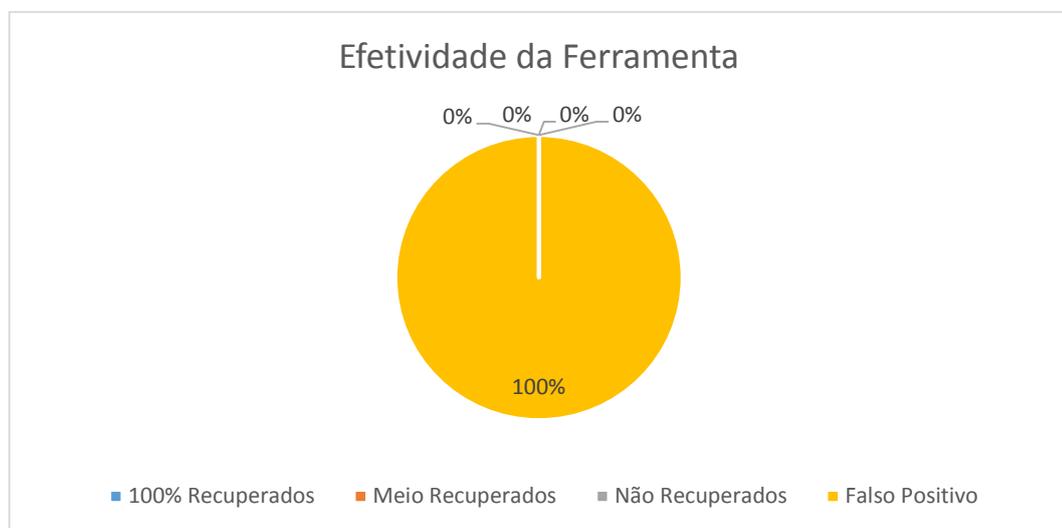


Imagem 54. Efetividade da Ferramenta Disk Drill no cenário 1, utilizando SSD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

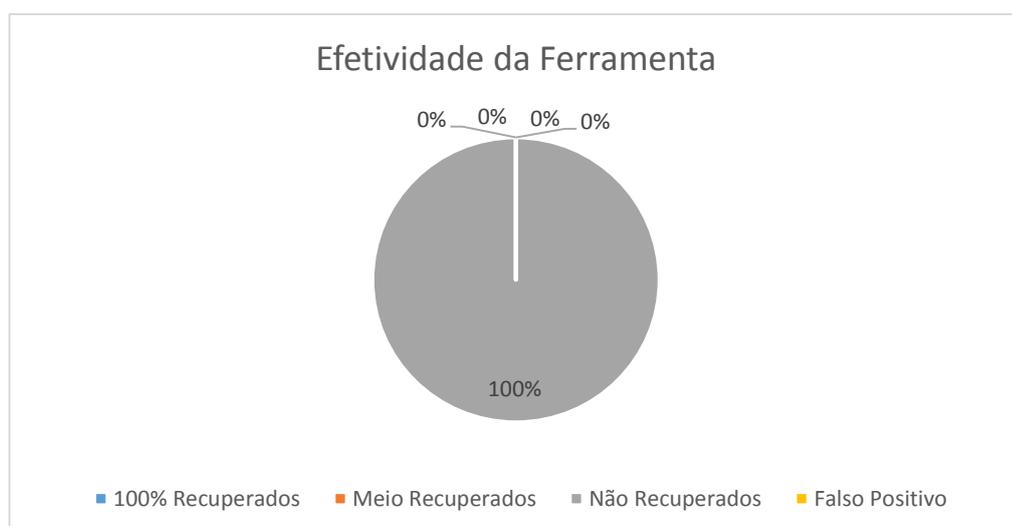


Imagem 55. Efetividade da Ferramenta Disk Drill no cenário 2, utilizando SSD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.2.3 Pen Drive

5.2.3.1 Cenário 1

Os testes realizados com a ferramenta Disk Drill no cenário 1, utilizando Pen Drive teve um resultado de 72% de todos os arquivos recuperados, 26% de arquivos não recuperados e 3% de falso positivo. Os 3% de falso positivo veio como responsável arquivos do tipo documento. Os não recuperados são de áudio e vídeo. Os testes tiveram um tempo médio de 21 minutos. Conforme a Imagem 56.

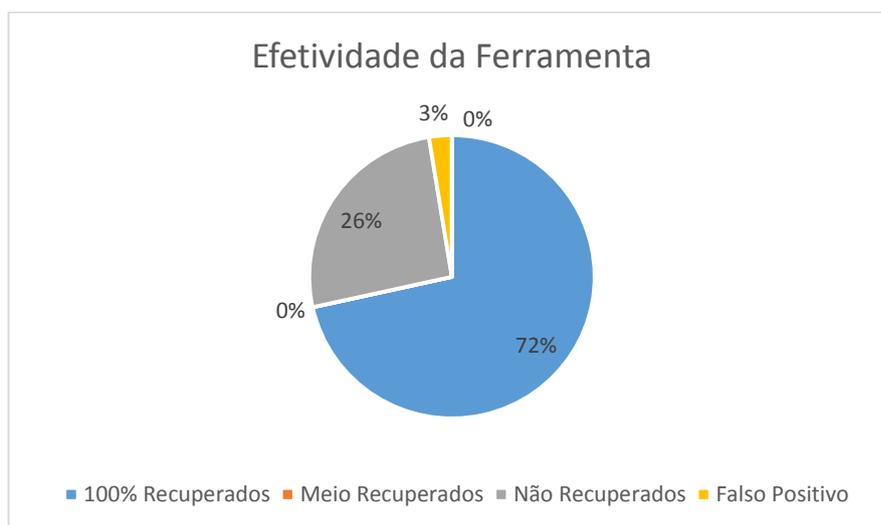


Imagem 56. Efetividade da Ferramenta Disk Drill no cenário 1, utilizando Pen Drive. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Em cada teste os arquivos com extensão ODP tiveram apenas 2 recuperações e 3 falso positivo. Os arquivos de imagens foram 100% recuperados. A extensão de áudio WMA e todos os arquivos de vídeos não foram recuperados em nenhum teste. Conforme a Imagem 57.

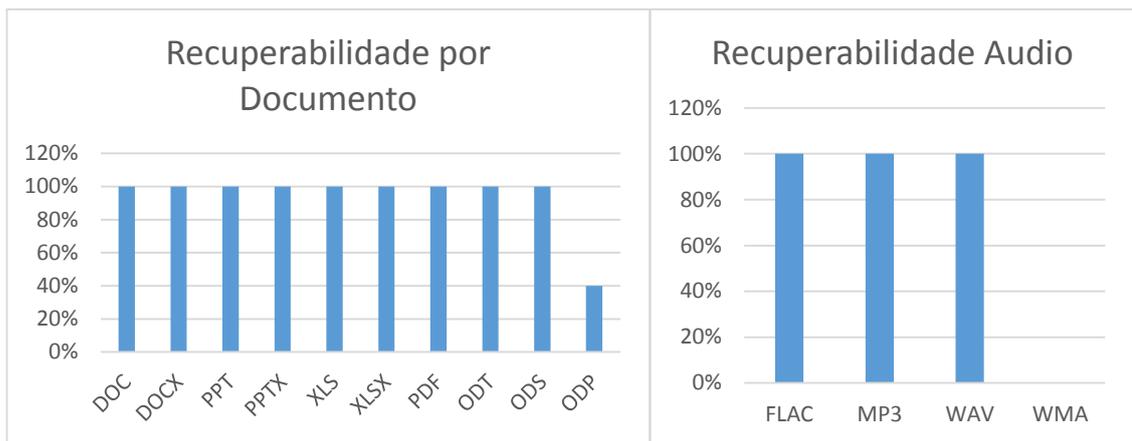


Imagem 57. Recuperabilidade por Documento e Áudio no cenário1, utilizando Pen Drive. Fonte: Daniel G. Barrelim.

5.2.3.2 Cenário 2

Os resultados do cenário 2 com o Disk Drill, obteve uma desempenho melhor recuperando assim todos os arquivos do tipo imagem, áudio e vídeo. Com exceção dos arquivos ODP que tiveram o mesmo resultado do primeiro cenário, recuperando apenas 40%. Os testes realizados durante o cenário tiveram um tempo médio de 19 minutos. Os resultados estão representados na Imagem 58.

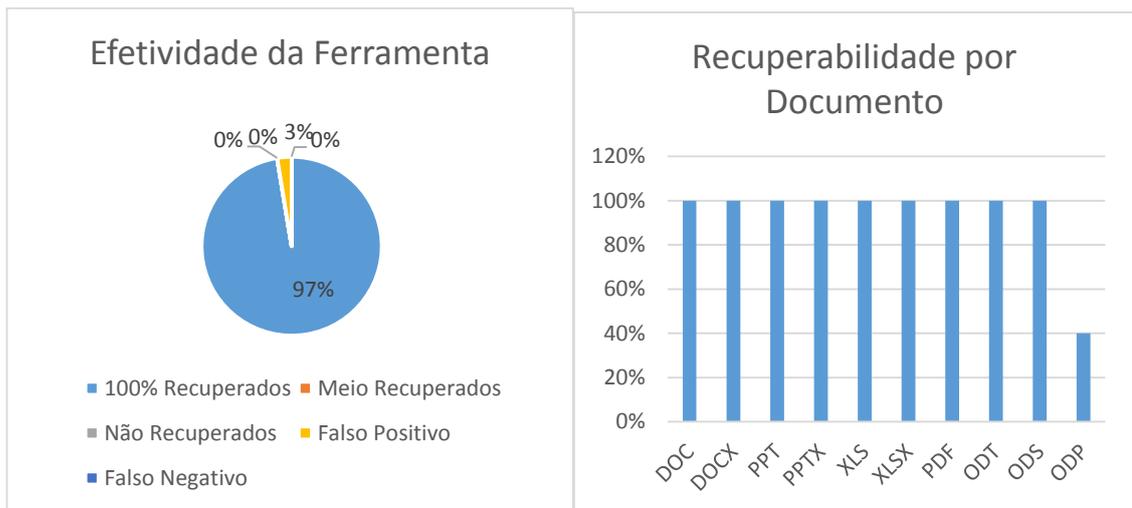


Imagem 58. Efetividade da Ferramenta Disk Drill e Recuperabilidade por Documento no cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barrelim.

5.2.4 Comparativo do Hardware com a ferramenta Disk Drill

Os arquivos recuperando durante o cenário 1 e cenário 2, utilizando o dispositivo de armazenamento *Pen Drive* teve uma taxa de recuperação um pouco maior que a do HD. Utilizando o dispositivo SSD nenhum arquivo foi recuperado durante o cenário 2 e tendo uma taxa de 100% de falso positivo no cenário 1. Comparando com a primeira ferramenta o Recuva leva uma vantagem razoavelmente boa sobre o Disk Drill em ambos os dispositivos. As Imagens 59 e 60 representam esses comparativos.

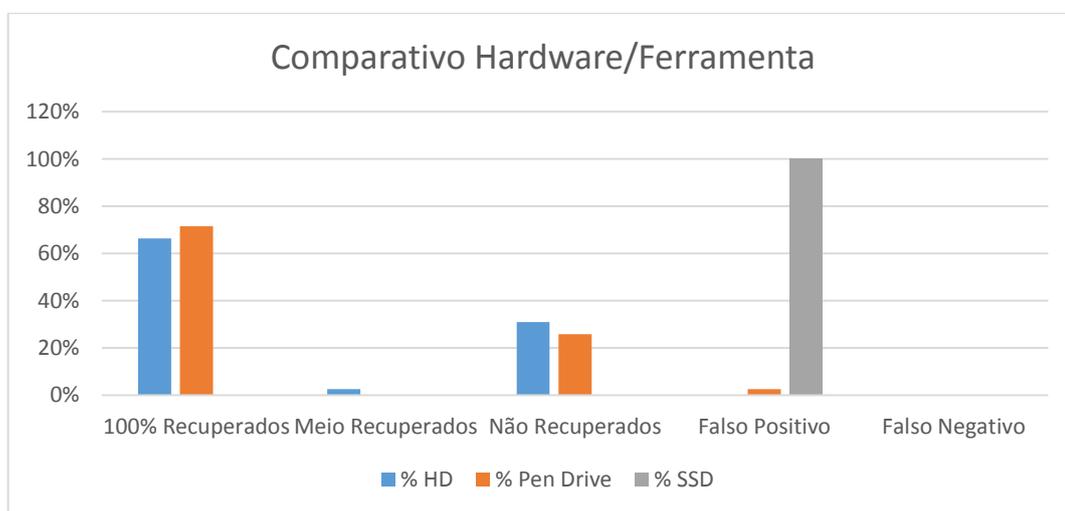


Imagem 59. Comparativo Hardware Ferramenta cenário 1. Fonte: Daniel G. Barreirim.

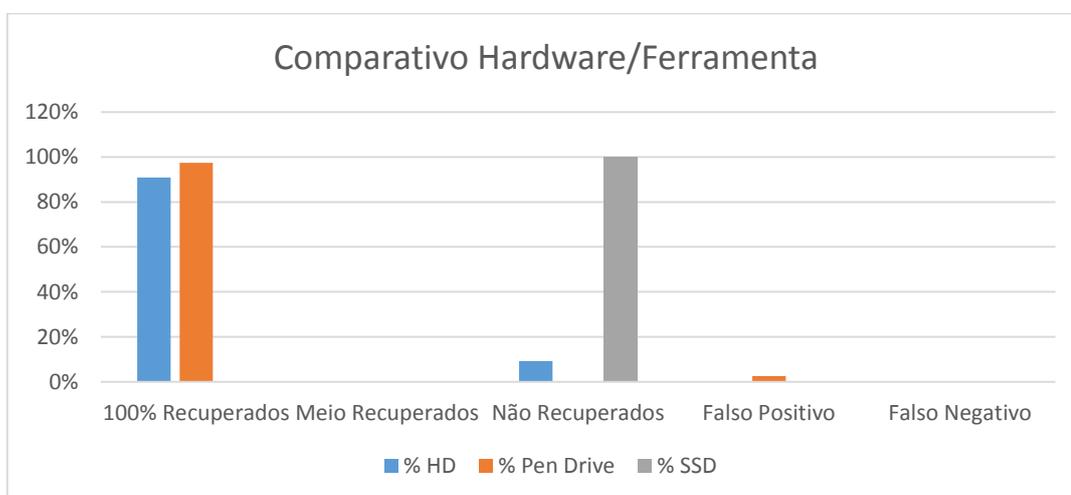


Imagem 60. Comparativo Hardware Ferramenta cenário 2. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.3 Resultados Obtidos pelo File Recovery

5.3.1 Hard Disk

5.3.1.1 Cenário 1

Os resultados obtidos pelo File Recovery no cenário 1, utilizando o HD não teve um desempenho bom, recuperando apenas 14% dos arquivos, 7% de arquivos corrompidos e 5% de arquivos que não vieram completos. E com um tempo médio de 1 hora e 30 minutos, um tempo muito elevado para o pequeno desempenho. Conforme a Imagem 61.

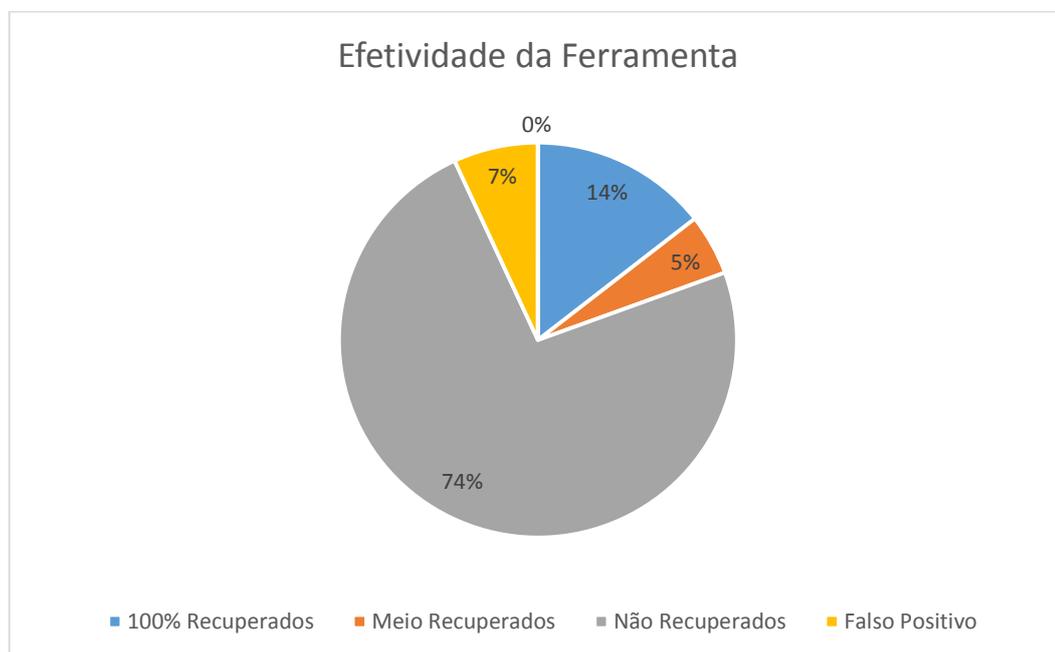


Imagem 61. Efetividade da Ferramenta File Recovery no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Os testes 1, 2, 4 e 5 recuperaram em cada teste 1 arquivo PDF. Os testes 2, 4 e 5 recuperaram 1 arquivo DOC. O resto das extensões do tipo documento não foram recuperadas. Os arquivos de imagens com extensões JPG e PNG durante o

teste 2 e 5 tiveram 100% de recuperação. A extensão BMP no teste 1 e 4, possui 2 recuperações, no teste 3, foram 3 arquivos recuperados, em quanto no teste 4, foram 4 arquivos. Os arquivos de áudio possuiu nenhuma recuperação. O arquivo de vídeo com extensão AVI teve apenas 1 recuperação durante o teste 3. Como a Imagem 62 mostra.

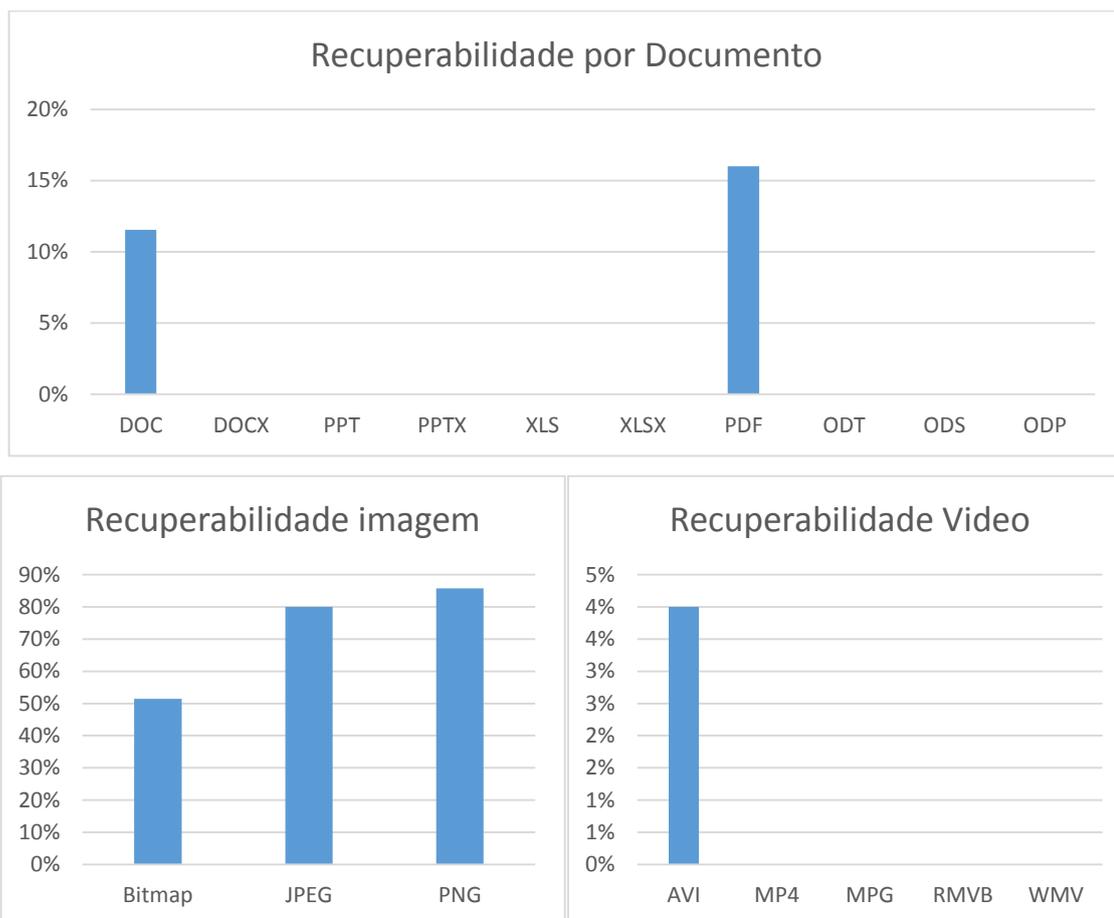


Imagem 62. Efetividade da Ferramenta File Recovery e Recuperabilidade por Documento, imagem e vídeo no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.3.1.2 Cenário 2

Durante o cenário 2, os resultado não foram muito diferentes possui apenas 8% de arquivos recuperados. Sendo 1 arquivo PDF recuperado nos testes 1 e 4. O arquivo com extensão BMP possuiu 2 recuperações durante os testes 1, 3, 4 e 5. A

extensão PNG nos mesmos testes recuperou 4 arquivos, no teste 2 possuiu a extensão BMP recuperou 4, a PNG e JPG teve 100% de recuperação. O tempo médio ficou em torno de 1hra e 38 minutos. Conforme a Imagem 63 e Imagem 64.

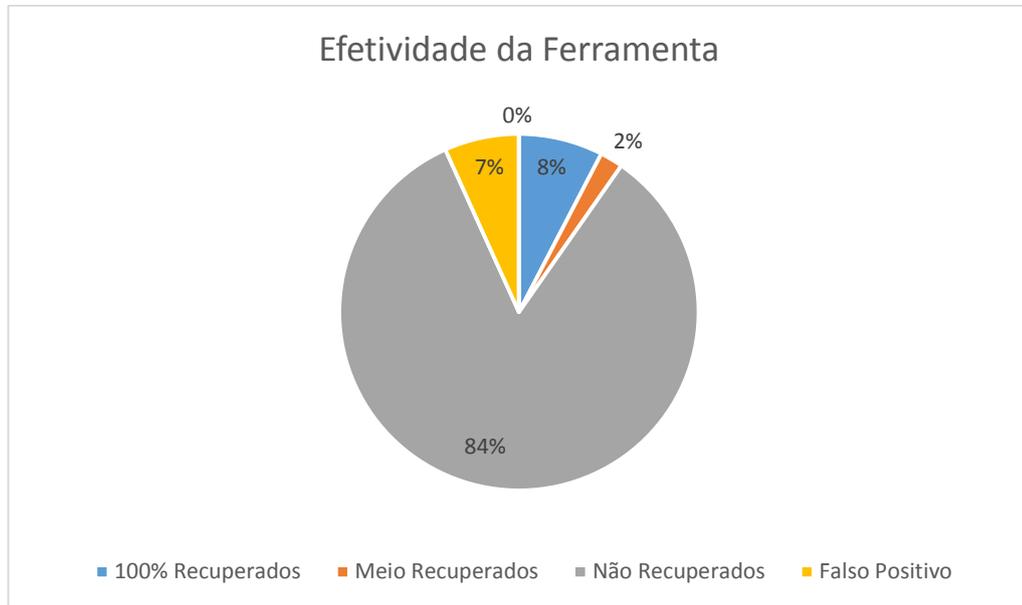


Imagem 63. Efetividade da Ferramenta File Recovery no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

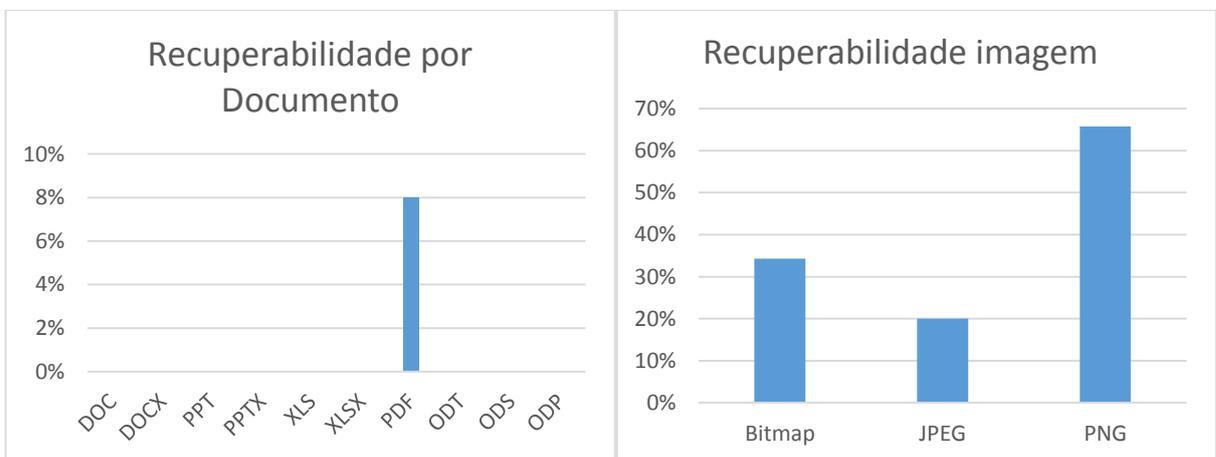


Imagem 64. Recuperabilidade por Documento e Imagem no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.3.2 Pen Drive

Os testes realizados com a ferramenta File Recovery no cenário 1 não recuperou nenhum arquivo. Apenas tendo 1% de arquivos falso positivo, em todos os testes a extensão BMP teve 1 recuperação, mas sendo corrompida. Durante o cenário 2 ocorreu o contrário, todos os arquivos foram recuperados, tendo uma efetividade de 100% de arquivos recuperados. O tempo médio em ambos os cenários foram de 11 minutos. As Imagens 65 e 66 demonstram a efetividade da ferramenta.

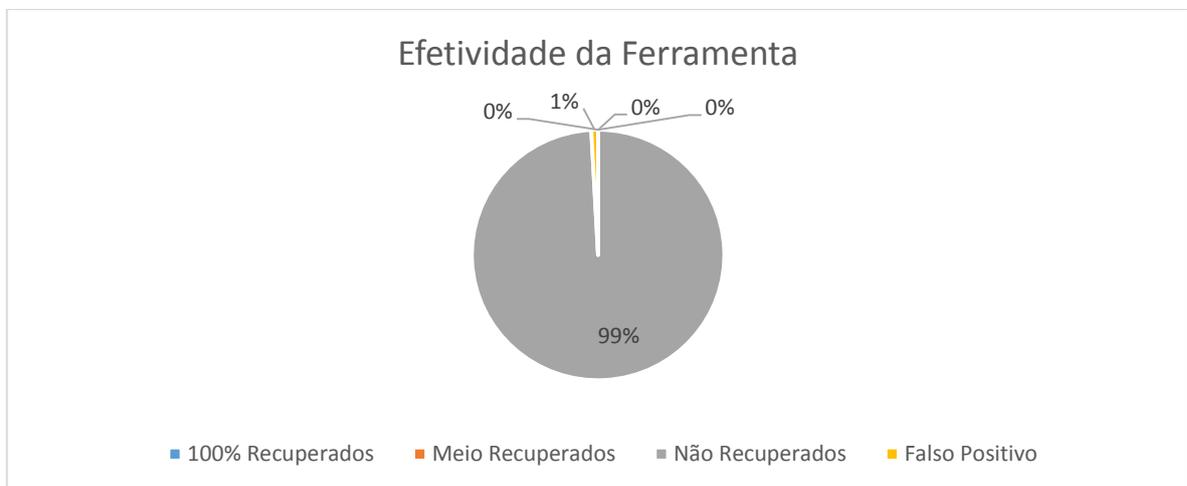


Imagem 65. Efetividade da ferramenta File Recovery no cenário 1, utilizando Pen Drive. Fonte: Daniel G. Barreirim.

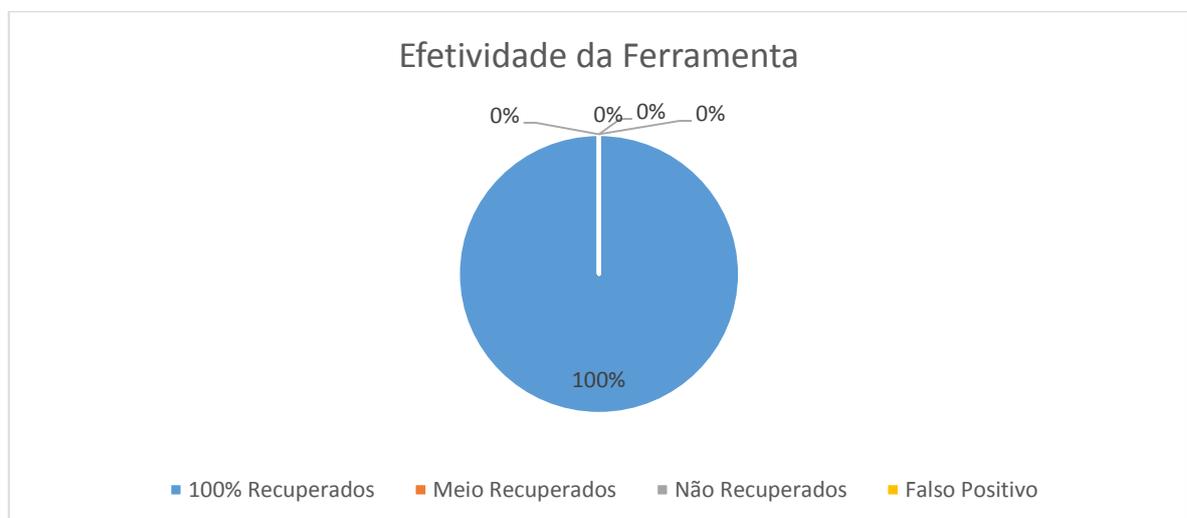


Imagem 66. Efetividade da ferramenta File Recovery no cenário 2, utilizando Pen Drive. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.3.3 Comparativo do Hardware com a Ferramenta File Recovery

Um comparativo rápido entre a ferramenta File Recovery utilizando ambos os dispositivos de armazenamento. Durante o cenário 1 o HD possui uma recuperação muito baixa com cerca de quase 20% do total de arquivos. Recuperando apenas alguns documentos em PDF e algumas Imagens, em quanto o Pen Drive não recuperou nenhum arquivo. Porém durante o cenário 2, o File Recovery sendo utilizado no Pen Drive recuperou 100% de seus arquivos. O HD no segundo cenário acabou tendo um desempenho ainda mais baixo do que o primeiro cenário. Uma boa representação deste comparativo são as Imagens 67 e 68.

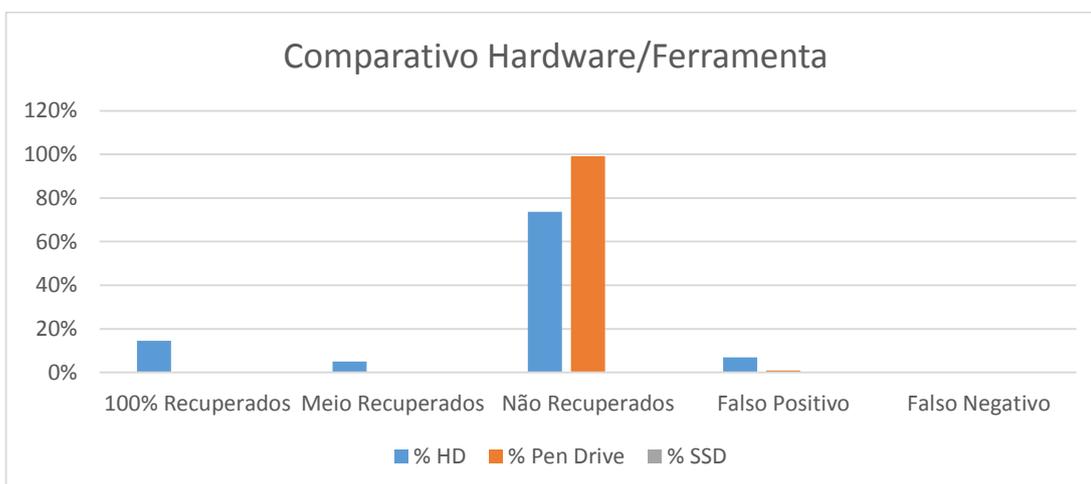


Imagem 67. Comparativo Hardware Ferramenta cenário 1. Fonte: Daniel G. Barreirim.

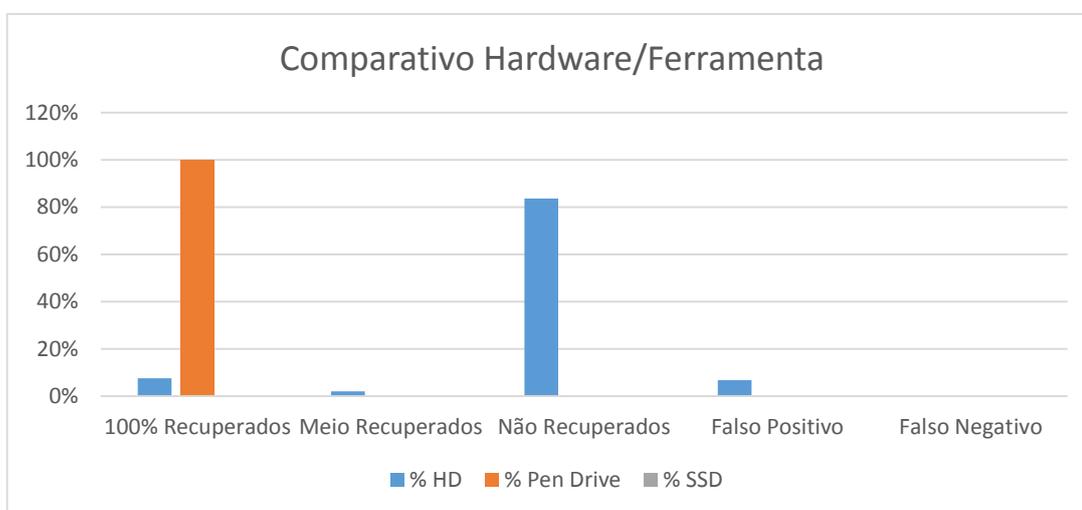


Imagem 68. Comparativo Hardware Ferramenta cenário 2. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.4 Resultados obtidos pelo Photorec

5.4.1 Hard Disk

5.4.1.1 Cenário 1

A utilização do Photorec, possuiu uma efetividade de 46% de arquivos recuperados e 2% de arquivos meio recuperados. A maior taxa de recuperação foi em relação as arquivos do tipo imagens, a ferramenta conseguiu recuperar 100% dos arquivos. Em relação aos arquivos do tipo vídeo, a ferramenta não recuperou nenhum arquivo. O arquivo de áudio com extensão WMA também teve 100% de recuperação, no entanto o teste 1 a extensão WAV recuperou apenas 4 arquivos. A extensão FLAC recuperou 4 arquivos por teste. Os arquivos do tipo Documento durante os testes 2, 3, 4 e 5 recuperaram a mesma quantidade de arquivo em cada teste. Sendo 3 PPT, 3 PPTX, 2 XLS, 1 XLSX, 3 PDF e 1 ODS. Mas durante o primeiro teste os arquivos DOC, DOCX, PPTX, XLS, PDF e ODS foram todos recuperados. Em quanto as outras extensões recuperaram, 3 PPT, 2 XLSX, 4 ODT, 2 ODP. De todos os tipos de arquivos, os documentos foram os que mais tiveram variabilidade. O tempo médio de realização de cada teste ficou por volta de 1 hora e 2 minutos. Conforme a Imagem 69 e Imagem 70, na página seguinte..

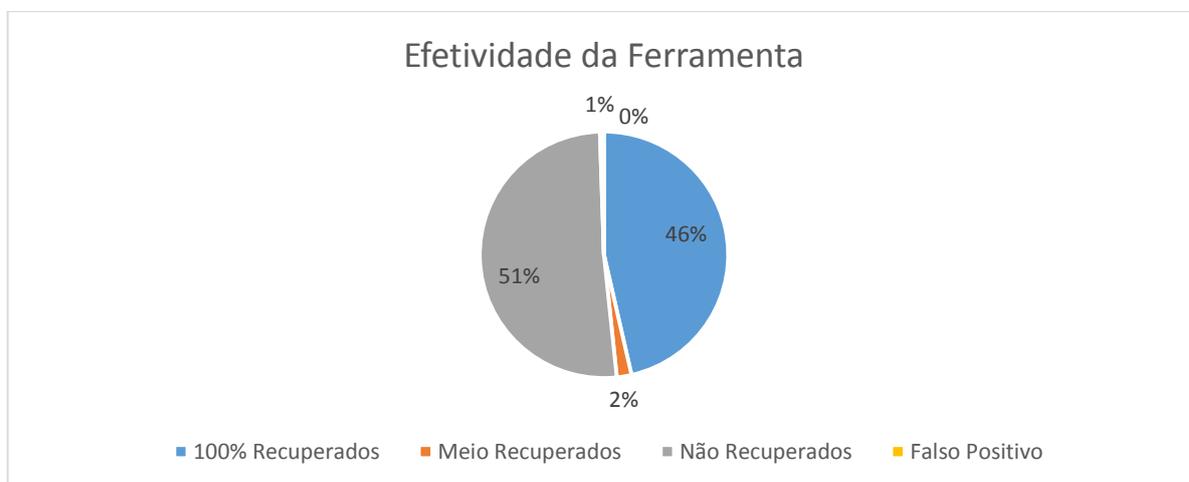


Imagem 69. Efetividade da ferramenta Photorec no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barrelim.

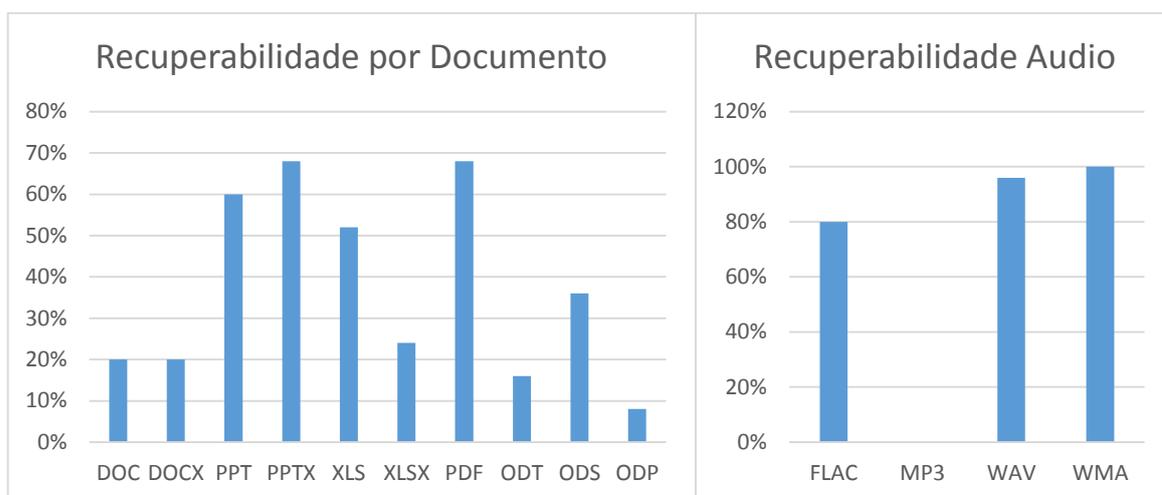


Imagem 70. Recuperabilidade por Documento e Áudio no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.4.1.2 Cenário 2

Os testes realizados no cenário 2 com a ferramenta Photorec teve uma Eficácia de 65% de recuperação. Como no cenário 1 os arquivos do tipo imagem foram todos recuperados. As extensões de vídeo AVI, MP4 e MPG também tiveram uma taxa de 100% de recuperação, em quanto a RMVB, WMV não recuperaram nenhum arquivo. Os arquivos de áudio FLAC e WAV foram 100% recuperados. A extensão MP3 possuiu apenas 1 recuperação durante o primeiro teste. A WMA teve 4 recuperações, no teste 1 e no restante foram 5 arquivos por teste. Diferentemente do cenário 1, os arquivos do tipo documentos possuíram um padrão durante os testes. Em todos os testes as extensões ODS e ODP não tiveram nenhuma recuperação, em quanto a XLS e PDF foram 100% recuperadas. As outras extensões foram recuperadas da seguinte maneira, quatro DOC, três DOCX, um PPT, três PPTX, dois XLSX e dois ODT. O tempo de cada teste ficou entre 1 hora e 2 minutos até 1 hora e 7 minutos. Como as Imagens 71 e 72 na próxima página representam.

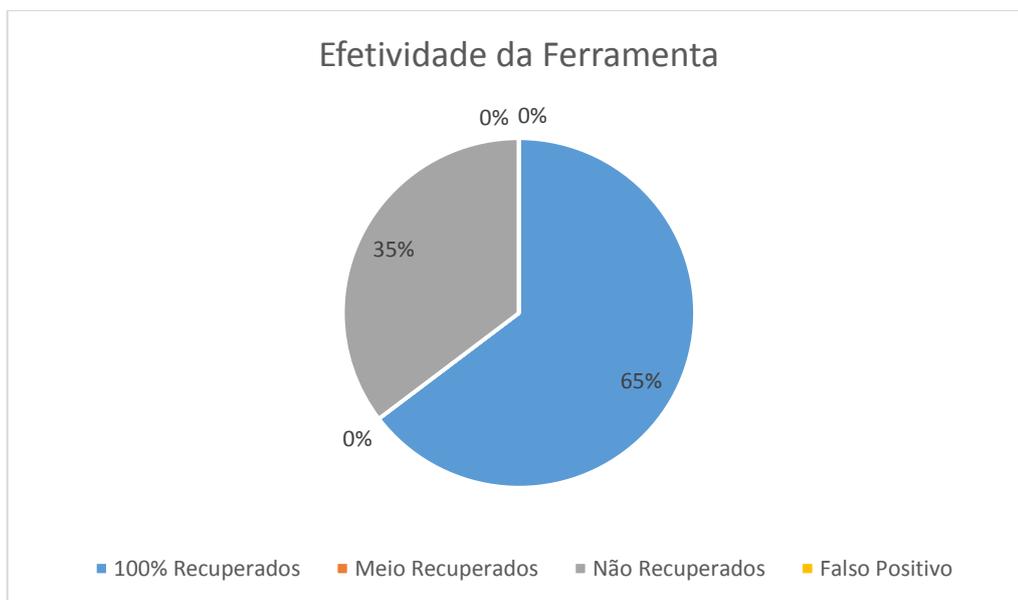


Imagem 71. Efetividade da ferramenta Photorec no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

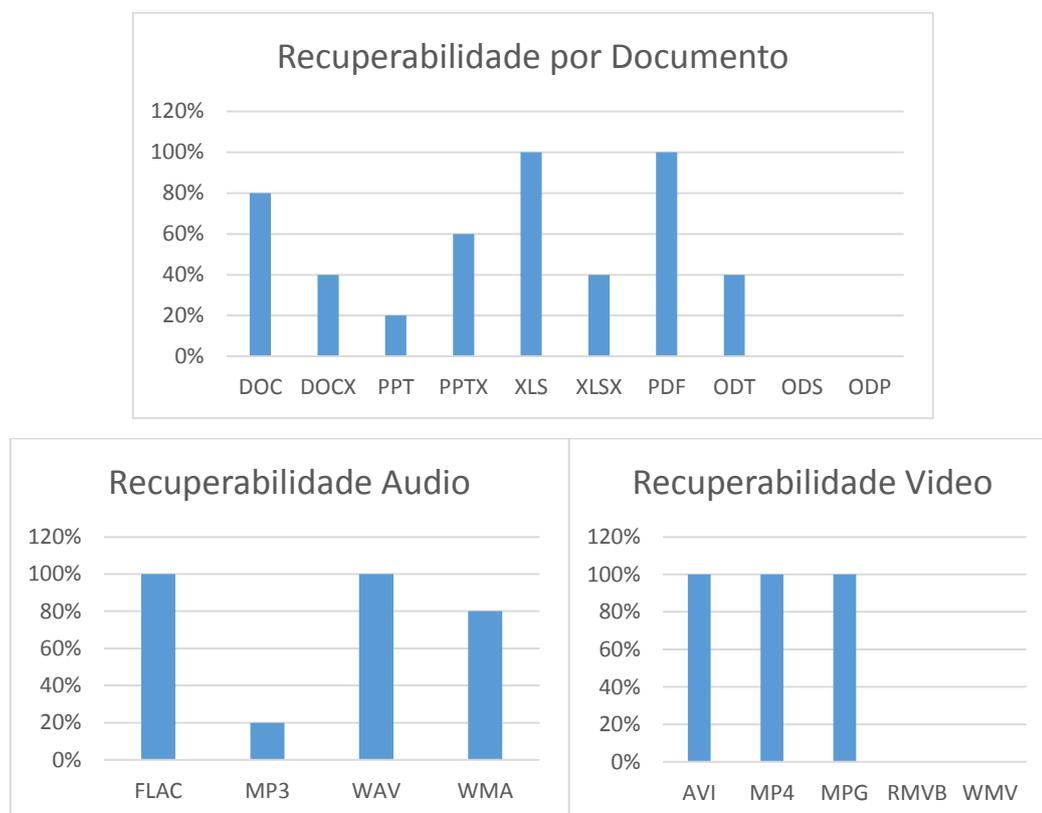


Imagem 72. Recuperabilidade por Documento, Áudio e Vídeo no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.4.2 Pen Drive

5.4.2.1 Cenário 1

Utilizando o Photorec com o dispositivo de armazenamento Pen Drive, conseguiu uma taxa de 81% de efetividade, quase o dobro se comparado com o mesmo cenário utilizando o Hard Disk. Possui 2% de arquivos falso positivo e 1% de meio recuperado. Os arquivos do tipo imagem foram 100% recuperados. As extensões de áudio FLAC, WAV e WMA foram todas recuperadas, uma efetividade de 100%. Mas a extensão MP3 não possuiu nenhum arquivo recuperado. Os testes recuperaram 100% das extensões de vídeo AVI, MP4 e MPG, em quanto a WMV durante o teste 2 e 5 não teve recuperação. Os arquivos do tipo documento XLS, PDF, ODT e ODS tiveram uma recuperabilidade de 100%. Os testes 1, 3 e 4 possuíram os mesmos resultados. Sendo 4 DOC, 4 DOCX, 3 PPT, 4 PPTX, 5 XLSX e 2 ODP. A diferença dos testes 3 e 5 dos outros testes foi de 5 DOCX, 2 XLSX. O tempo médio ficou na casa dos 11 minutos. Conforme a Imagem 73 e Imagem 74 na próxima página.

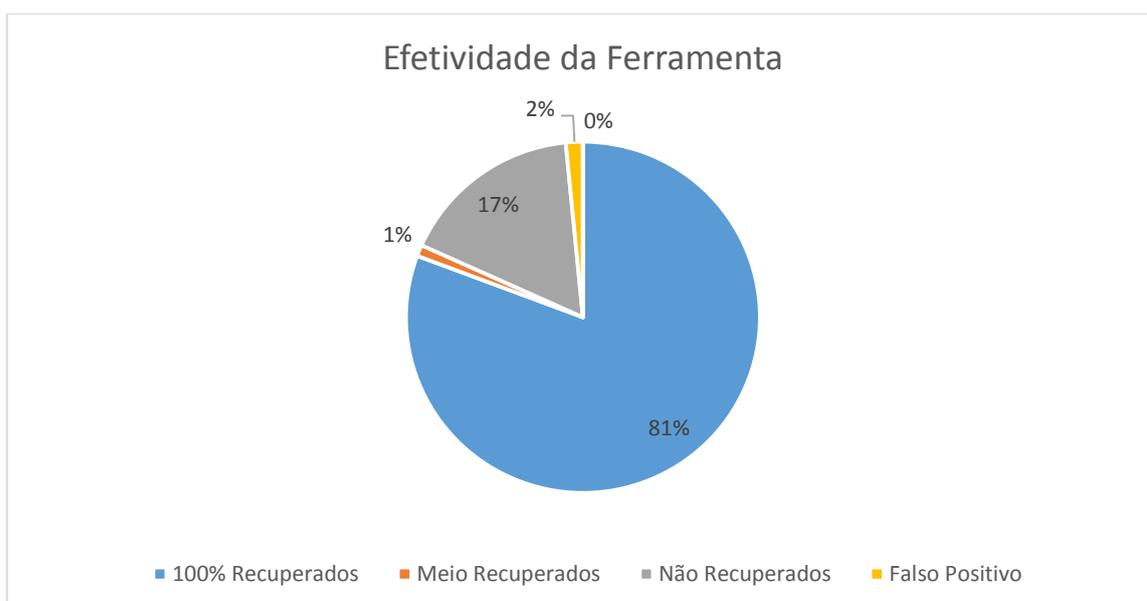


Imagem 73. Efetividade da ferramenta Photorec no cenário 1, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

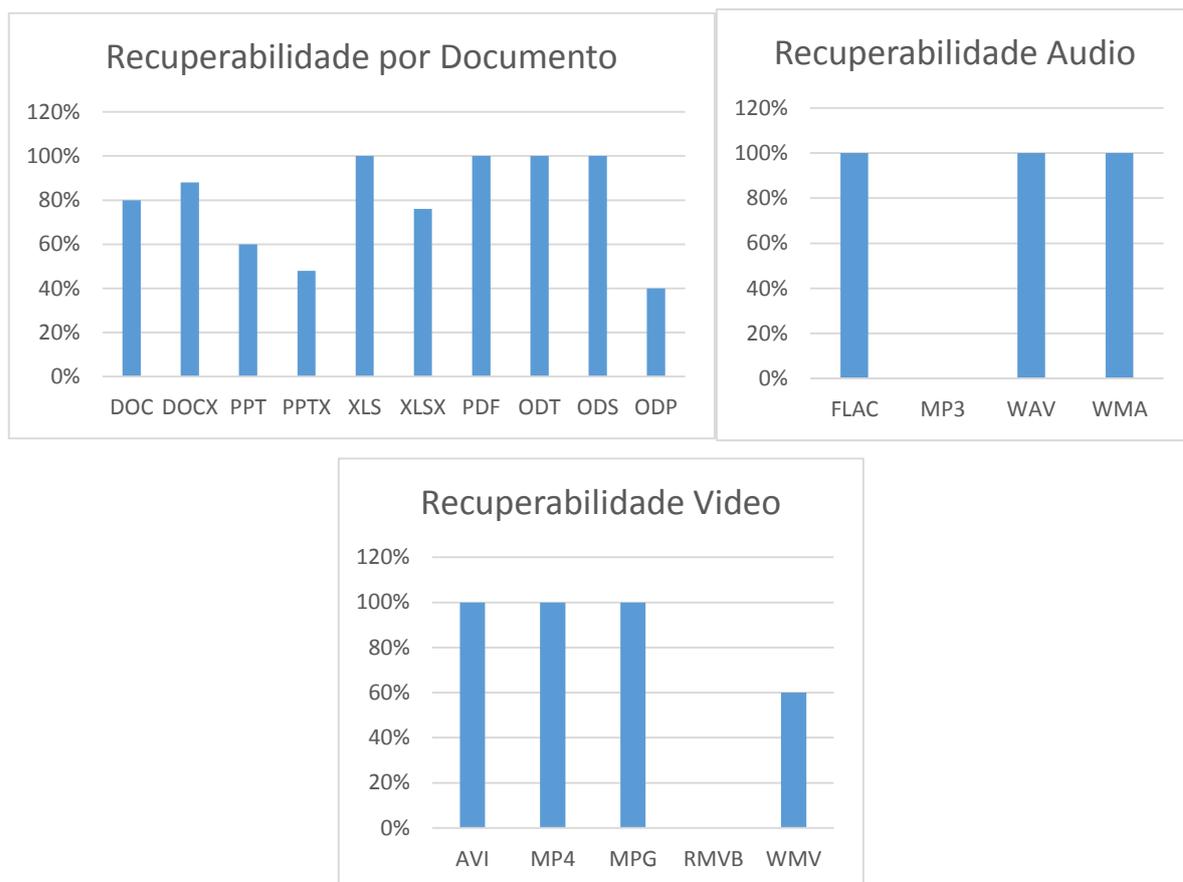


Imagem 74. Recuperabilidade por Documento, Áudio e Vídeo no Cenário 1, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.4.2.2 Cenário 2

No segundo cenário a utilização do Photorec a efetividade da ferramenta foi bem inferior do que primeiro cenário. Recuperando apenas 28% dos arquivos, e possuindo 1% de arquivos falso positivo. As extensões que tiveram 100% de recuperação foram DOC, PPT, XLS, BMP e JPG. Os dados obtidos em todos os testes foram padrões. Os arquivos do tipo vídeo e áudio não tiveram nenhuma recuperação. Os documentos com extensões DOCX, PPTX, PDF e ODP não foram recuperados em nenhum teste. As extensões que tiveram um pequeno resultado foram, 1 XLSX, 1 ODT, 1 ODS e 1 PNG de arquivos recuperados por teste. O tempo médio de varredura da ferramenta foi de 11 minutos. Conforme as Imagens 75 e 76 na próxima página.

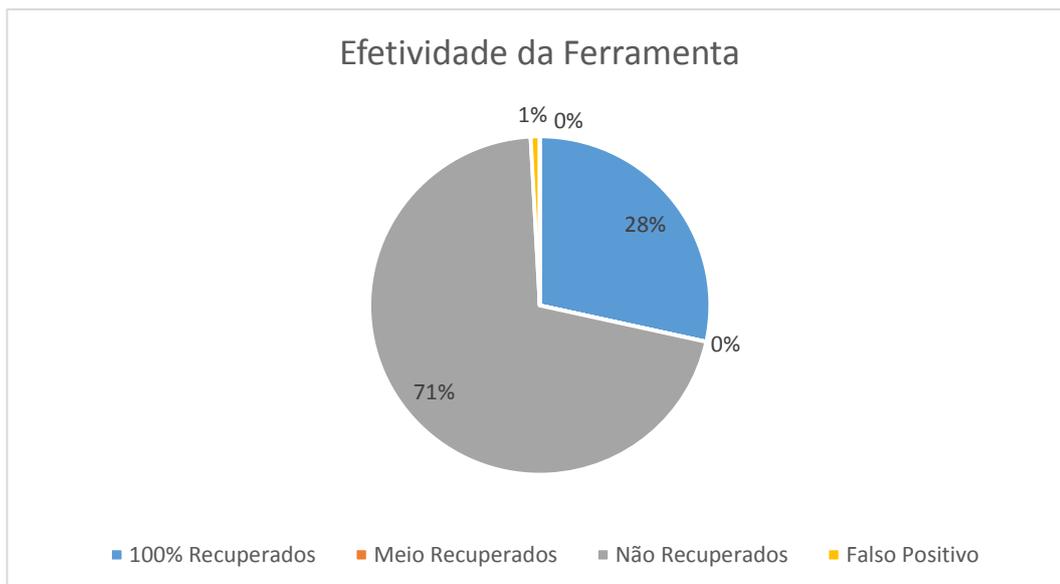


Imagem 75. Efetividade da Ferramenta Photorec no cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

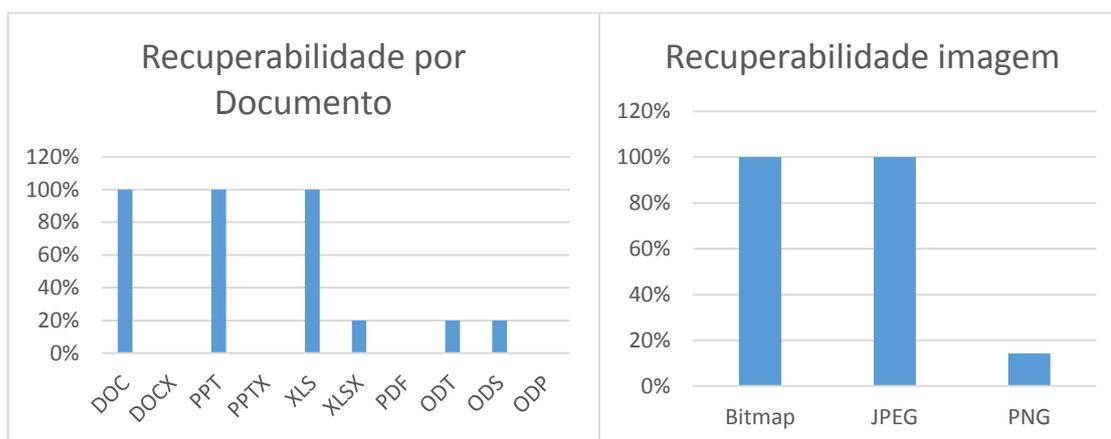


Imagem 76. Recuperabilidade por Documento e Imagem no cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.4.3 Comparativo do Hardware com a Ferramenta Photorec

Durante o cenário 1, o Photorec conseguiu recuperar mais arquivos do tipo documento, áudio e vídeo na utilização do dispositivo de armazenamento Pen Drive. Recuperando cerca de 80% do total de arquivos, em quanto que no Hard Disk recuperou apenas cerca de 46%, e apenas recuperando arquivos de documento e

áudio. Os arquivos do tipo imagem, em ambos os dispositivos possuíram a mesma taxa de recuperação. Mas durante o segundo cenário, o dispositivo Hard Disk teve sua efetividade bem mais elevada do que o Pen Drive, tendo cerca de 60% dos arquivos recuperados. Recuperando todos os arquivos do tipo imagem, e possuindo uma taxa de recuperação das extensões de áudio, vídeo e documentos bem superior do que utilizando o Pen Drive. No requisito de formatação o Photorec possui um desempenho melhor utilizando Hard Disk, e no requisito deleção o seu desempenho fica por conta do Pen Drive. As Imagens 77 e 78 representam este comparativo.

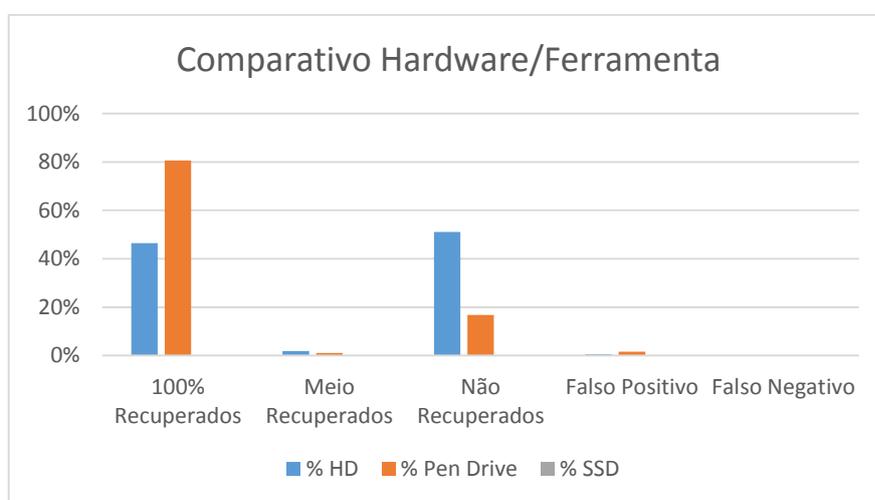


Imagem 77. Comparativo Hardware Ferramenta cenário 1. Fonte: Daniel G. Barreirim.

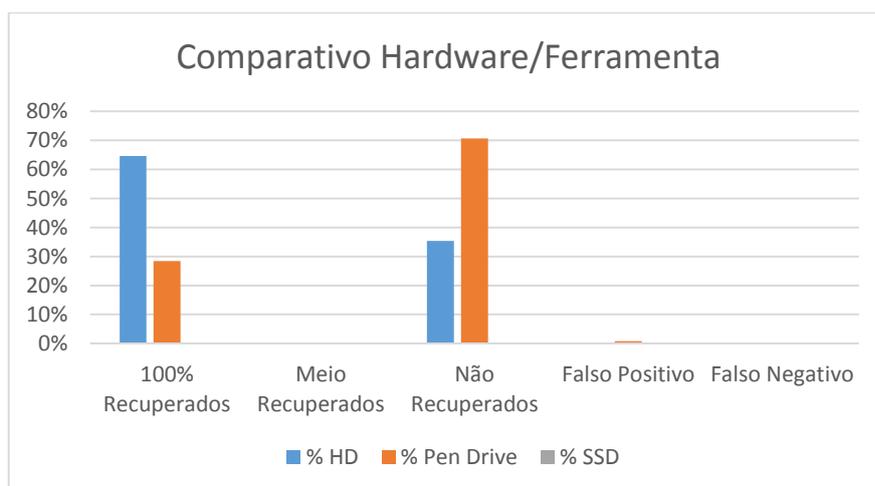


Imagem 78. Comparativo Hardware Ferramenta cenário 2. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.5 Resultados Obtidos pelo Live CD

5.5.1 Hard Disk

A utilização da ferramenta existente no Live CD do Ubuntu, durante cenário 1, utilizando o dispositivo Hard Disk teve uma eficiência de 83% de recuperação, 16% de falso positivo e 1% de arquivos meio recuperados. Este 1% foi o único arquivo recuperado por teste com a extensão MP4. Todos os arquivos do tipo documento, imagem e áudio foram recuperados. Os arquivos do tipo vídeo apenas a extensão AVI possuiu 100% de arquivos recuperados. No cenário 2 o Live CD do Ubuntu não conseguiu recuperar nenhum arquivo. Conforme a Imagem 79.

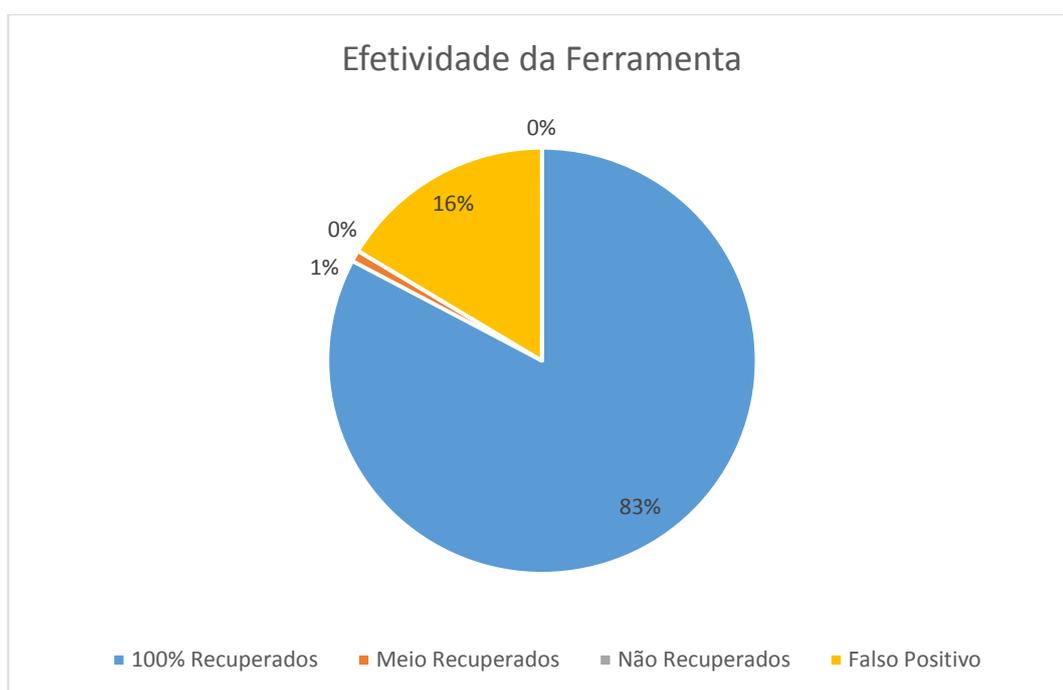


Imagem 79. Efetividade do Live CD Ubuntu no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.5.2 Pen Drive

A utilização do comando `ntfsundelete` do Live CD do Ubuntu no dispositivo Pen Drive, ocorre um erro. O erro se dá devido ao fato que o Pen Drive utiliza o sistema de arquivos FAT32, assim não podendo ser acessível. Como o próprio comando já diz NTFSundelete, este é voltado para dispositivos que utilizando o sistemas de arquivos NTFS. Como a Imagem 80 mostra o erro.

```
ubuntu@ubuntu:~$ sudo ntfsundelete -f /dev/sdc1
Forced to continue.
NTFS signature is missing.
Failed to mount '/dev/sdc1': Invalid argument
The device '/dev/sdc1' doesn't have a valid NTFS.
Maybe you selected the wrong device? Or the whole disk instead of a
partition (e.g. /dev/hda, not /dev/hda1)? Or the other way around?
ubuntu@ubuntu:~$
```

Imagem 80. Erro Utilização Live CD no PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.6 Comparação Entre as Ferramentas

5.6.1 Hard Disk

5.6.1.1 Documentos

Fazendo uma comparação entre as ferramentas durante o cenário 1, o Recuva e o Live CD tiveram um desempenho excepcional. Recuperando 100% dos arquivos utilizando o dispositivo HD. Em segundo temos o Disk Drill com um pouco mais do que 80% dos arquivos recuperados, mas a ferramenta obteve uma taxa de 100% de recuperação com arquivos do tipo DOC. As demais extensões tiveram 80% de recuperação. Em terceiro temos o Photorec, seu maior pico em arquivos

recuperados foram as extensões PPTX e PDF com quase 70% e o menor pico na extensão ODP com menos de 10%. Por último temos o File Recovery com um valor de 3% de recuperação. Conforme a Imagem 81.

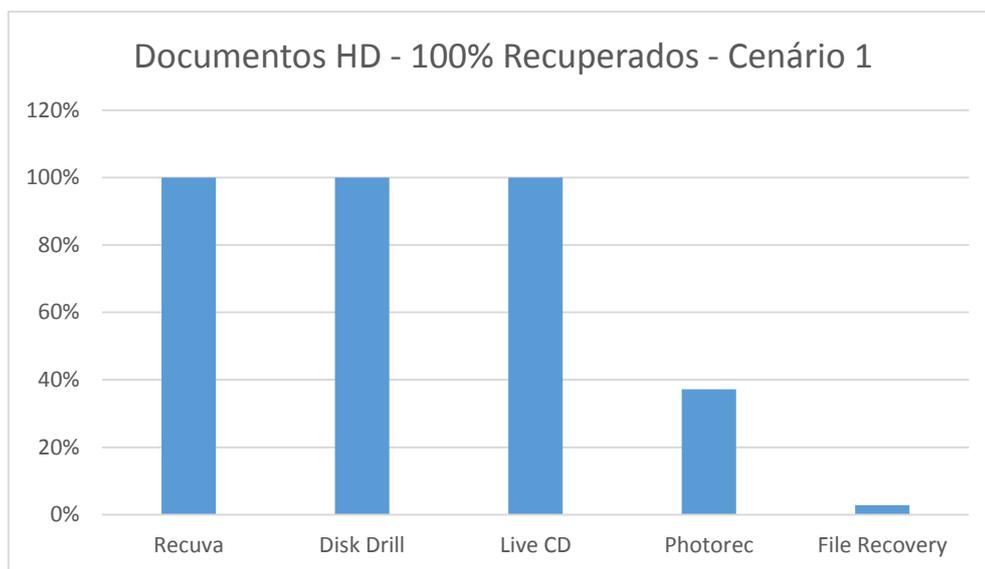


Imagem 81. Comparativo de recuperação de Documentos entre as Ferramentas no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

No cenário 2, o Disk Drill roubou a posição de primeiro colocado, recuperando quase 100% dos arquivos. O ponto fraco da ferramenta foi em arquivos ODS mas recuperando 88% do total dos arquivos. O Recuva obteve a segunda posição mas não recuperando nenhum arquivo do formato PDF, 60% dos arquivos DOC, um pouco mais de 80% em arquivos DOCX e cerca de 95% dos arquivos ODT. Em terceiro temos o Photorec, com pontos positivos em recuperação de 100% dos arquivos XLS e PDF e 80% dos arquivos DOC. Os pontos negativos foram as extensões ODS E ODP que não possuíram nenhuma recuperação. O File Recovery, recuperou lamentavelmente 8% de arquivos PDF. Desta vez o Live CD não conseguiu recuperar nenhum arquivo, assim ganhando a última posição. A Imagem 82 na próxima página representa os resultado obtidos.

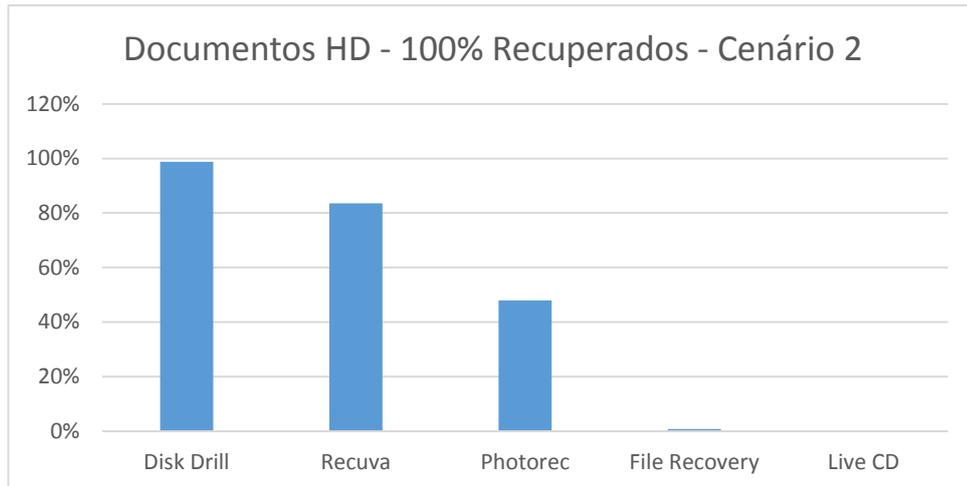


Imagem 82. Comparativo de recuperação de Documentos entre as Ferramentas no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.6.1.2 Imagens

Durante o cenário 1, todas as ferramentas tiveram um ótimo desempenho. Sendo que o Photorec, Recuva, e Live CD recuperaram 100% dos arquivos. Em segundo ficando o Disk Drill com 80%, mantendo um padrão com a mesma quantidade de arquivos recuperados. Por último ficando o File Recovery, com uma média de 80% de arquivos recuperados JPG e PNG e apenas 50% de arquivos BMP. Conforme a Imagem 83.

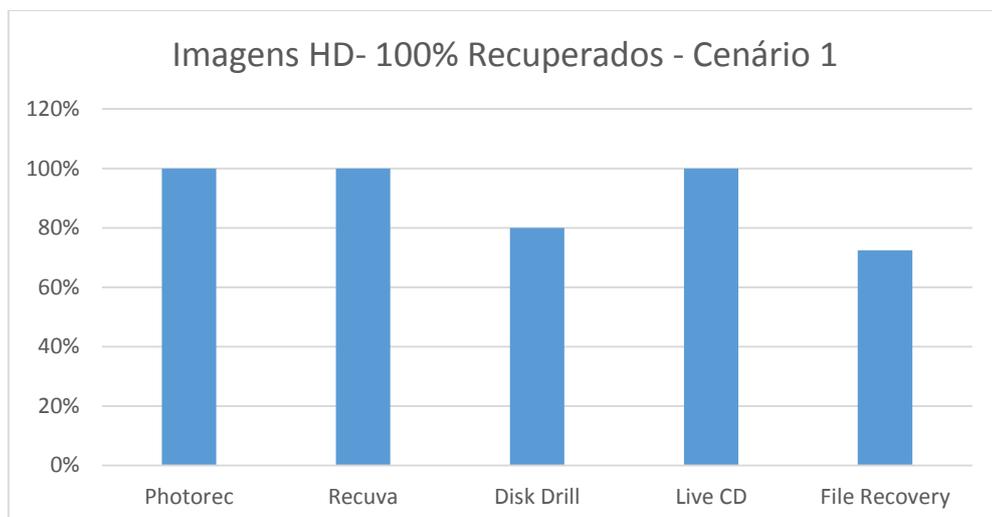


Imagem 83. Comparativo de recuperação de Imagens entre as Ferramentas no cenário 1, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

No segundo cenário, ocorrendo novamente um empate, temos Photorec, Recuva e Disk Drill com 100% de recuperação. Em segundo o File Recovery com apenas 40% do total dos arquivos recuperados. O menor pico da ferramenta foi com o JPG recuperando apenas 20% e cerca de 35% com a extensão BMP, a maior taxa de recuperação foi com a extensão PNG com cerca de 65%. Conforme a Imagem 84.

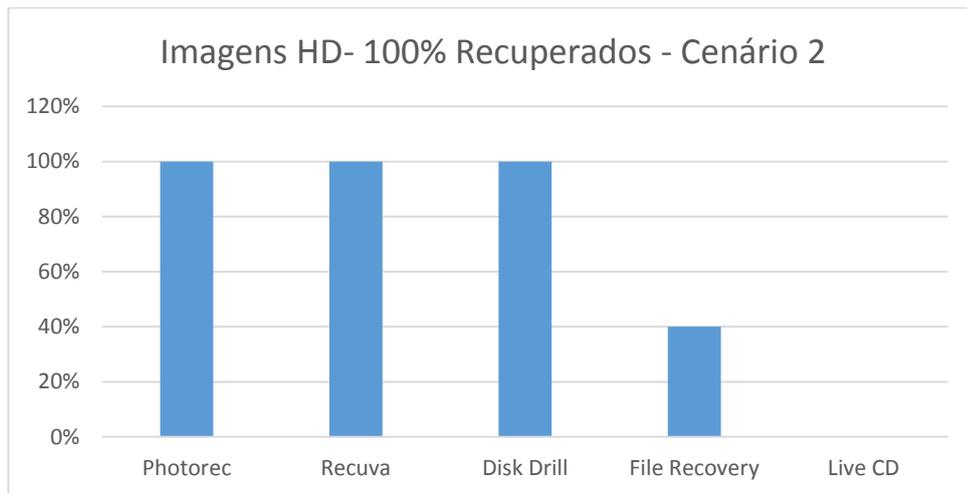


Imagem 84. Comparativo de recuperação de Imagens entre as Ferramentas no cenário 2, utilizando HD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.6.1.3 Áudio

Os testes realizados com as ferramentas no cenário 1, o Recuva e o Live CD recuperaram 100% dos arquivos de áudio. O Photorec recuperou cerca de 75% de total. A extensão WMA teve todas as recuperações em 100%, a WAV teve cerca de 97% mas a extensão FLAC teve 80% de arquivos recuperados. O Disk Drill não recuperou nenhuma extensão a 100%, sendo que a FLAC recuperou 80%, WMA 60% e 20% a WAV. Tanto o Photorec quanto o Disk Drill não recuperaram arquivos MP3. De acordo com a Imagem 85 na próxima página.

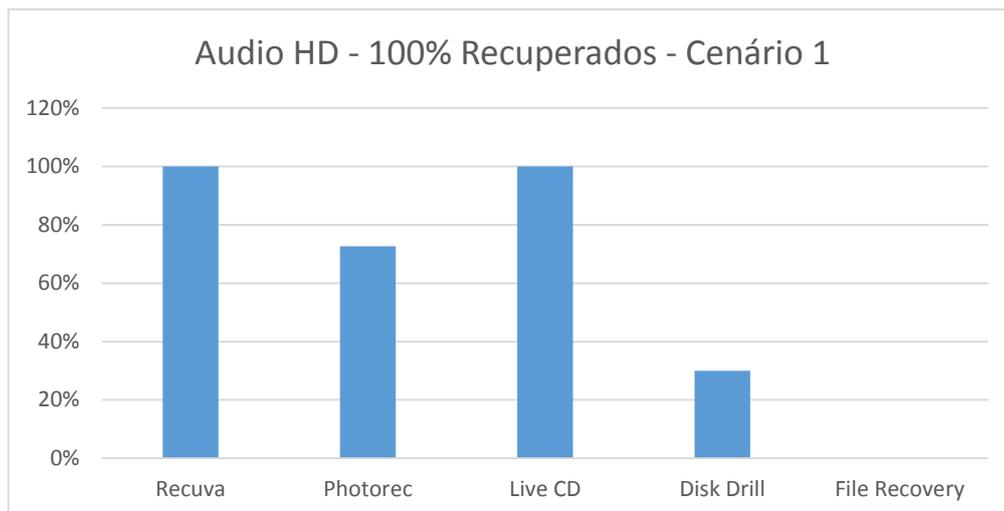


Imagem 85. Comparativo de recuperação de Áudio entre as Ferramentas no cenário 1, utilizando HD.

Fonte: Daniel G. Barreirim.

No cenário 2, nenhuma ferramenta possuiu um desempenho de 100%. Mas o Recuva e Photorec tiveram um resultado parecido. O Recuva recuperou em 100% os arquivos MP3, WAV e WMA. A extensão MP3 não foi recuperada em nenhum dos testes. O Photorec teve desempenho máximo com as extensões FLAC e WAV. A extensão WMA possuiu 80% de recuperações em quanto a MP3 apenas 20%. No entanto o Live CD e o File Recovery não conseguiram recuperar nenhum arquivo. Como a Imagem 86 Representa.

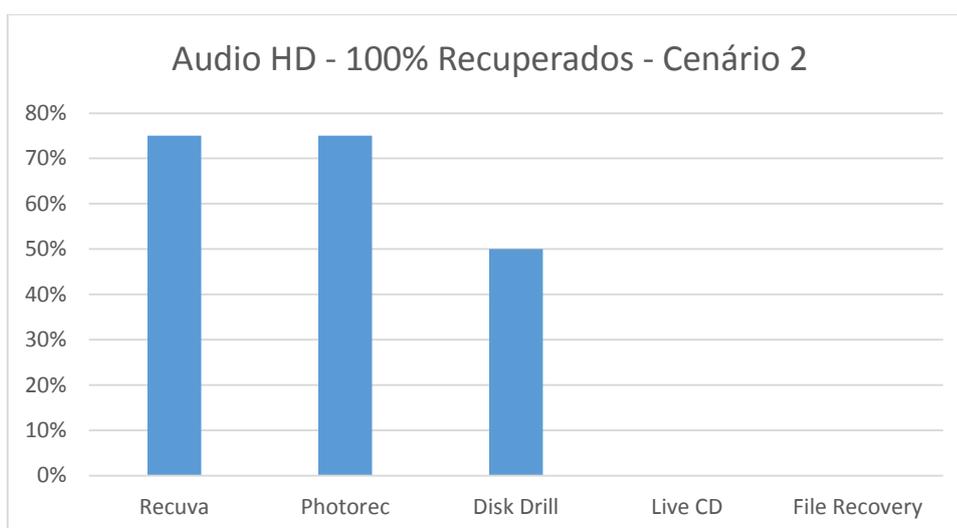


Imagem 86. Comparativo de recuperação de Áudio entre as Ferramentas no cenário 2, utilizando HD.

Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.6.1.4 Vídeo

Os testes realizados no cenário 1 com as ferramentas apenas o Recuva teve efetividade de 100% de recuperação. Em segundo ficando o Disk Drill, com sua maior efetividade em arquivos AVI com quase 90%, MP4 com cerca de 55% e as extensões MPG, RMVB e WMV com 40%. O Live CD recuperou apenas os arquivos de extensão AVI e teve efetividade de 100%. O File Recovery recuperou apenas 4% do total de arquivos da extensão AVI. Como a Imagem 87 representa.

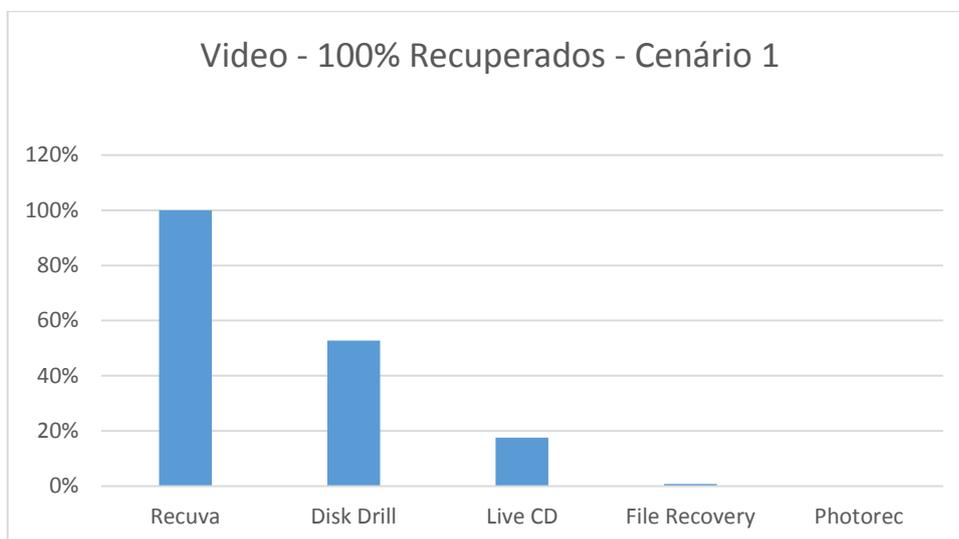


Imagem 87. Comparativo de recuperação de Vídeo entre as Ferramentas no cenário 1, utilizando HD.

Fonte: Daniel G. Barreirim.

No segundo cenário a ferramenta Disk Drill obteve efetividade de 100%. O Recuva conseguiu uma taxa de 80% de arquivos recuperados, no entanto recuperou 100% dos arquivos com extensões AVI, MP4, MPG e WMV. Mas não recuperou nenhum arquivo com a extensão RMVB. Em terceiro o Photorec com 60%, recuperando as extensões AVI, MP4 e MPG com 100% de efetividade e as extensões RMVB e WMV não tendo nenhum arquivo recuperado. O Live CD e o File Recovery não possuíram nenhuma efetividade. Conforme a Imagem 88 na próxima página.

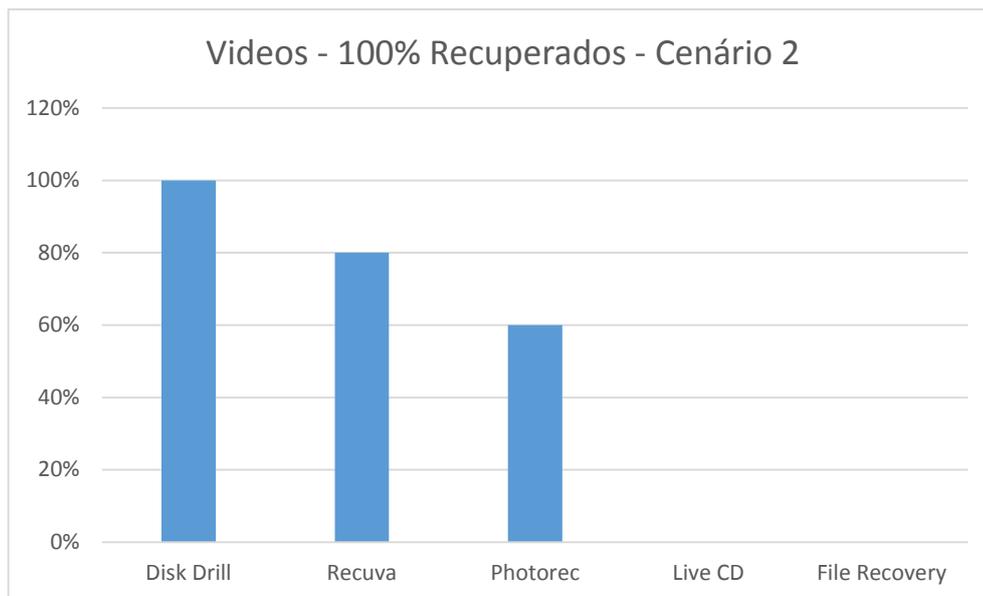


Imagem 88. Comparativo de recuperação de Vídeo entre as Ferramentas no cenário 2, utilizando HD.

Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.6.2 Pen Drive

5.6.2.1 Documentos

Durante o cenário 1 nenhuma ferramenta obteve efetividade de 100%. Mas o melhor desempenho ficou por conta do Disk Drill a única extensão não tendo 100% de recuperação foi a ODP que ficou com cerca de 40%. Em segundo o Recuva, o melhor desempenho da ferramenta ficou com a extensão DOC com 88% de recuperação. As outras extensões ficaram com uma taxa de recuperação de 80%. Ficando em terceiro o Photorec com uma diferença mínima, as extensões XLS, PDF, ODT e ODS foram 100% recuperadas. A extensão DOCX ficou com cerca de 85% e a DOC com 80%, a XLSX com quase 80%, a PPT 60%, PPTX com 55% e a ODP com apenas 40%. Representado pela Imagem 89 na página seguinte.

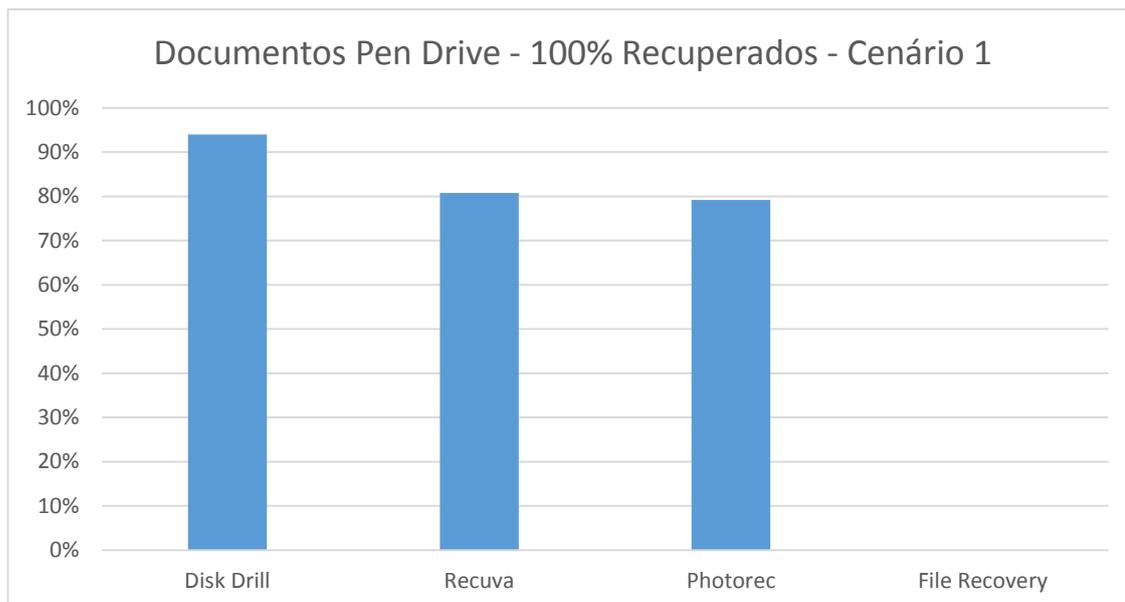


Imagem 89. Comparativo de recuperação de Documentos entre as Ferramentas no cenário 1, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Os testes realizados no segundo cenário, as ferramentas Recuva e File Recovery recuperaram 100% dos arquivos. No entanto com uma taxa um pouco abaixo de 100% temos o Disk Drill, que novamente recuperou apenas 40% da extensão ODP, e as demais extensões tiveram 100% de recuperação. O Photorec obteve seu desempenho máximo com as extensões DOC, PPT e XLS. As extensões XLSX, ODT e ODS recuperaram apenas 20%. As demais extensões não foram recuperadas em nenhum teste. Representando pela Imagem 90.

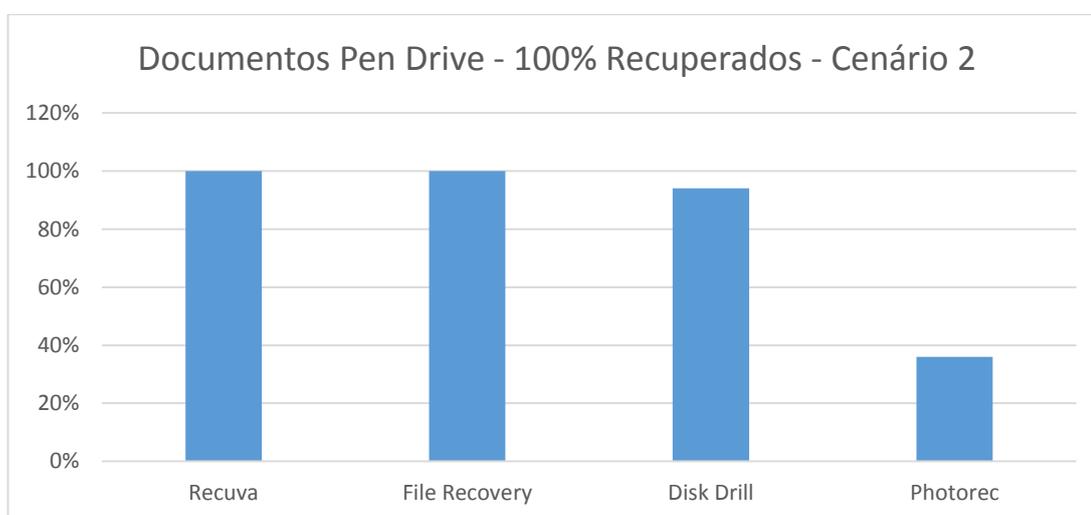


Imagem 90. Comparativo de recuperação de Documentos entre as Ferramentas no cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.6.2.2 Imagens

No primeiro cenário o Disk Drill e Photorec recuperaram 100% dos arquivos do tipo imagens. O Recuva por sua vez recuperou 80% dos arquivos de cada extensão. No segundo cenário as ferramentas Disk Drill, Recuva e File Recovery tiveram uma efetividade de 100% de recuperação. O Photorec ficou com cerca de 70% do total de arquivos recuperados. As extensões BMP e JPG a ferramenta recuperou 100%, no entanto a extensão PNG a ferramenta obteve cerca de 15% de efetividade. Conforme a Imagem 91.

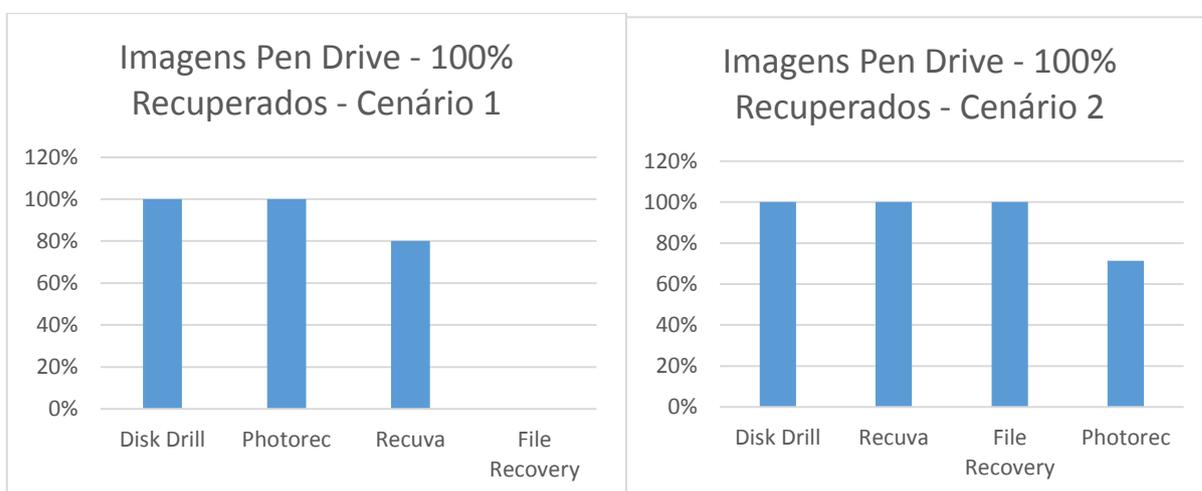


Imagem 91. Comparativo de recuperação de Imagens entre as Ferramentas no cenário 1 e cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.6.2.3 Áudio

Os testes realizados no cenário 1 nenhuma ferramenta teve efetividade de 100%, sendo que o Disk Drill e o Photorec tiveram cerca de 75% de desempenho. O Disk Drill não recuperou nenhum arquivo com a extensão WMA, e as extensões FLAC, MP3 e WAV foram 100% recuperadas. O Photorec no entanto não recuperou nenhum arquivo com extensão MP3 em quanto as demais extensões foram todas recuperadas com efetividade de 100%. Por último o Recuva obteve um desempenho de cerca de

65%. O seu maior desempenho ficou com a extensão MP3 com cerca de 85% de arquivos recuperados. As extensões FLAC e WAV possuíram o mesmo resultado de recuperação de 80%, em quanto a WMA teve apenas 20% dos arquivos recuperados. Apenas a ferramenta File Recovery não recuperou nenhum arquivo.

No segundo cenário as ferramentas Disk Drill, Recuva e File Recovery recuperaram todos os arquivos com 100%. No entanto o Photorec não recuperou nenhum arquivo. Como a Imagem 92 representa.

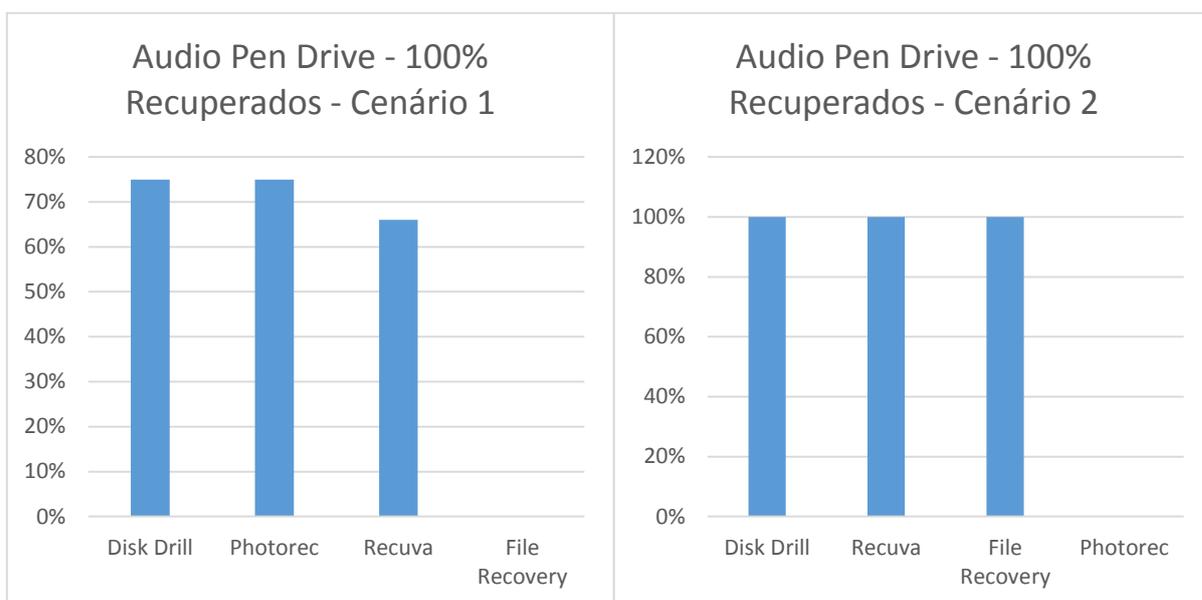


Imagem 92. Comparativo de recuperação de Áudio entre as Ferramentas no cenário 1 e cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

5.6.2.4 Vídeo

No primeiro cenário a ferramenta com maior desempenho foi o Photorec com um pouco mais de 70% de efetividade. A ferramenta recuperou as extensões AVI, MP4 e MPG com 100% de efetividade. A extensão WMV apresentou um resultado de apenas 60% de recuperação, em quanto a RMVB não possuiu nenhum arquivo recuperado. Em segundo lugar o Recuva não obteve um resultado bom, tendo cerca de 15% de arquivos recuperados. As extensões AVI, MP4, MPG e WMV tiveram

apenas 20% de recuperação, a RMVB não possuiu nenhum arquivo recuperado. As ferramentas Disk Drill e File Recovery não tiveram nenhuma eficiência.

As ferramentas Recuva, Disk Drill e File Recovery no cenário 2 recuperaram 100% dos arquivos. Apenas a ferramenta Photorec que não teve nenhuma recuperação. Representado pela Imagem 93.

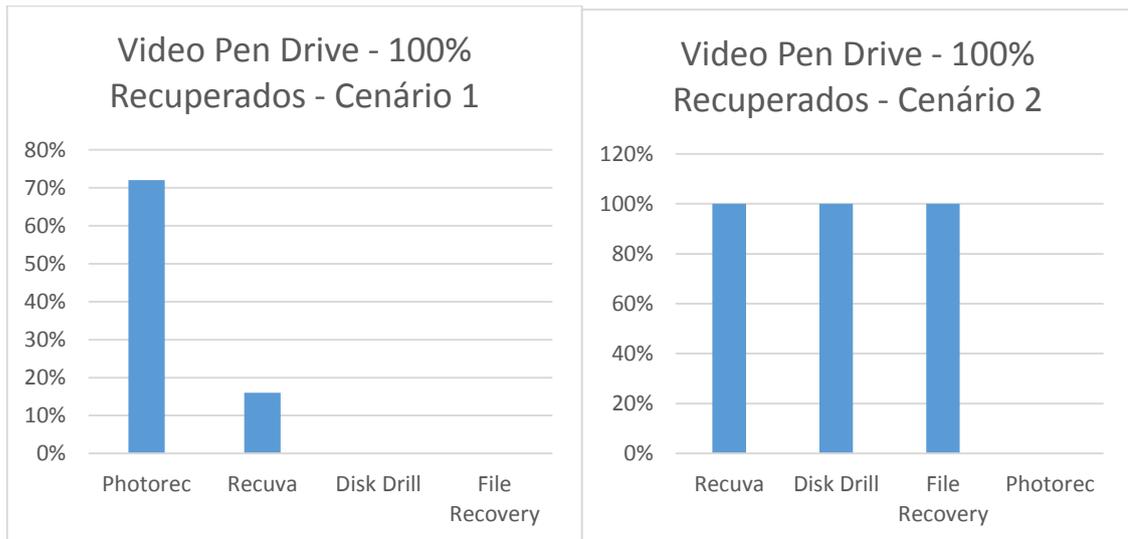


Imagem 93. Comparativo de recuperação de Vídeo entre as Ferramentas no cenário 1 e cenário 2, utilizando PD. Fonte: Daniel G. Barreirim.

6 CONCLUSÃO

Levando em conta as análises dos testes realizados o hardware que obteve a maior eficiência de recuperação de arquivo foi o HD e em segundo o PD. Como o SSD e o PD possuem a mesma forma de armazenamento de arquivos em memória flash. O fato de que o SSD durante os primeiros testes não recuperou nenhum arquivo antes de sofrer o erro de formatação pode ocorrer pelo tipo de sistema de arquivos utilizado. Ou talvez nenhuma das ferramentas ainda oferece suporte para o tipo do hardware. Sendo que o SSD possui uma capacidade de armazenamento muito maior que a de um *Pen Drive*.

Entre as ferramentas que mais se destacaram com o hardware *Hard Disk* recuperando arquivos do tipo documentos em ambos os cenários foi o Disk Drill com 100% de eficácia. Os arquivos do tipo Imagem as ferramentas Photorec e Recuva recuperaram 100% das extensões. Os arquivos do tipo Áudio apenas no cenário 1 a ferramenta Recuva e o Live CD conseguiram recuperar os arquivos, com a eficiência de 100%. Durante o cenário 2 o destaque ficou com as ferramentas Recuva e Photorec recuperando cerca de 75%. Os arquivos do tipo Vídeo a ferramenta Recuva recuperou 100% no cenário 1 e a ferramenta Disk Drill recuperou 100% no cenário 2.

As ferramentas que se destacaram utilizando o hardware PenDrive recuperando arquivos do tipo documento foi o Disk Drill durante o primeiro cenário com 94% de eficácia. No segundo cenário o Recuva e o File Recovery a eficiência foi de 100%. Com os arquivos do tipo Imagem o Disk Drill obteve eficácia de 100% em ambos os cenários. Os arquivos do tipo Áudio o Disk Drill no cenário teve uma taxa de 75% de recuperação e no segundo cenário 100%. As análises feitas com os arquivos de Vídeo durante o cenário 1 apenas o Recuva teve uma eficiência boa recuperando 72% dos arquivos. Durante o segundo cenário o Recuva, Disk Drill e File Recovery recuperaram 100% dos arquivos.

No geral a ferramenta que possuiu o melhor desempenho foi o Recuva, em segundo temos o Disk Drill. Em terceiro o Photorec, em quarto o File Recovery e por último o Live CD do Ubuntu 14.10.

Os motivos pelo qual as ferramentas em alguns testes não recuperaram os arquivos podem ser variados. Desde até o código de busca utilizado na ferramenta,

até mesmo se a ferramenta utilizada possui algum suporte de recuperação de arquivos em cima do dispositivo usado. Como no caso do SSD onde as ferramentas que foram testadas não conseguiram nenhuma recuperação.

Pode-se concluir que mesmo possuindo ferramentas que recuperaram 100% dos arquivos nos testes realizados a melhor opção para proteger seus dados contra percas é o backup, seja ele em um Pen Drive, em um outro Hard Disk ou um serviço em nuvem. Atualmente existem muitos serviços em nuvem de backup, inclusive alguns oferecem o serviço gratuito, mas com um espaço limite de armazenamento.

Como possíveis trabalhos futuros:

- Um estudo aprofundando sobre como as ferramentas recuperam os arquivos apagados e formatados, e os principais motivos pelo quais elas não recuperam os arquivos;
- Um estudo sobre como o Sistema Operacional trabalha com a gravação e sobrescrita de arquivos;
- Estudo sobre o motivo pelo qual o *Solid State Disk* não possuiu recuperação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALECRIM, E. **Extensible Firmware Interface (EFI)**. Janeiro. 2008. Disponível em: <<http://www.infowester.com/efi.php>> Acesso: dez. 2015

ALECRIM, E. **Sistema de Arquivos FAT16 e FAT32**. Fevereiro. 2011. Disponível em: <<http://www.infowester.com/fat.php>> Acesso em: dez. 2015

ALECRIM, E. (Abril de 2011). **Sistema de arquivos NTFS**. Abril. 2011. Disponível em: <<http://www.infowester.com/ntfs.php>> Acesso em: dez. 2015

ALENCAR, F. **Entenda como funcionam as memórias Flash, o coração dos seus eletrônicos**. 2012. Disponível em: <<http://www.guiadopc.com.br/artigos/22397/entenda-como-funciona-memorias-flash-coracao-dos-seus-eletronicos.html>> Acesso em: nov. 2015

BATHURST, R. **The Hacker's Guide to OS X: Exploiting OS X from the Root Up**. Novembro. 2012. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=1yO2saRbstcC&pg=PA19&dq=filesystem+GPT+LBA&hl=pt-BR&sa=X&ved=0CCMQ6AEwAWoVChMIxpO9xOqmxwIVRR2QCh3btQ3b#v=onepage&q=filesystem%20GPT%20LBA&f=false>> Acesso em: dez. 2015

BOGART, J. W. **Armazenamento e manuseio de fitas magnéticas**. 2001

BONFIM, M. **Aula: Memórias**. 2011. Disponível em: <<http://www.eletr.ufpr.br/marlio/te159/aula13.pdf>> Acesso em: nov. 2015

BRAGION, F. A. **Análise de características de solid state drives**. 2012 Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2373.pdf>> Acesso em: dez. 2015

BRIAN, M. (s.d.). **O Gravador de Fita. 2010.** Disponível em: <<http://tecnologia.hsw.uol.com.br/cassete2.htm>> Acesso em: dez. 2015

BROWN, G. (s.d.). 2010 **.Partes do drive de disquete.** 2010. Disponível em: <<http://tecnologia.hsw.uol.com.br/drives-de-disquete2.htm>> Acesso em: nov. 2015

CLEVERFILES. **Disk Drill.** 2015. Disponível em: <<http://pc.cleverfiles.com/>> . Acesso em: dezembro de 2015

COUTINHO, D. **HD, SSD ou disco híbrido: veja as diferenças e o que levar em conta ao comprar.** 2011. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/o-que-levar-em-conta-na-hora-de-comprar-um-ssd-ou-disco-hibrido.html>> Acesso em: nov. 2015

GRENIER, C. **TestDisk, Data Recovery.** 2014. Disponível em: <<http://www.cgsecurity.org/wiki/TestDisk>> Acesso em: dezembro de 2015

GRENIER, C. **PhotoRec, Imagem Digital e File Recovery.** 2015. Disponível em: <<http://www.cgsecurity.org/wiki/PhotoRec>> Acesso em: dezembro de 2015

DANTAS, U. D. **Informática Forense: Clonagem de sistema de arquivos NTFS usando a ferramenta NTFSclone.** Fevereiro. 2014. Disponível em: <https://joaoricardo.files.wordpress.com/2013/07/modelo_tcc.docx> Acesso em: dez. 2015

GUANABARA, G. **A Evolução dos Discos Rígidos.** 2011. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/platb/hardware/2011/01/06/evolucao-discos-rigidos-hd/>> Acesso: nov. 2015

GUGELMIN, F. **Como funciona um disco rígido?** 2010. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/aumentar-desempenho/3469-como-funciona-um-disco-rigido-.htm>> Acesso em: nov. 2015

GUGIK, G. **FAT32 ou NTFS, qual o melhor? Pt. 1.** Fevereiro. 2009. Disponível em: <http://www.tecmundo.com.br/particao/1506-fat32-ou-ntfs-qual-o-melhor-parte-1-de-2-.htm>> Acesso em: dez. 2015

GUGIK, G. **FAT32 ou NTFS, qual o melhor? Pt. 2.** Fevereiro. 2009 Disponível em: http://www.baixaki.com.br/info/1507-FAT32-ou-NTFS_qual-o-melhor-Parte-2-de-2-.htm> Acesso em: dez. 2015

KASPERSKY, K. **CD CRACKING UNCOVERED.** 2004. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=76HVAAQBAJ&pg=PA47&lpg=PA47&dq=lead+out+area+cd&source=bl&ots=XDVGaetYTo&sig=HdrvkarEAww8OGdQ3H-jdQivIRM&hl=pt-BR&sa=X&ved=0CFoQ6AEwCWoVChMluKmgg8ylyAIVSxGQCh2GrwS6#v=onepage&q&f=false>> Acesso em: dez. 2015

KIOSKEA. **CD, CD audio e CD-ROM.** 2014.

KIOSKEA. **DVD, DVD audio e DVD-ROM.** Pagina Web. 2014.

MACHADO, J. D. **O que é Blu-ray?** 2012. Disponível em: <http://www.tecmundo.com.br/blu-ray/168-o-que-e-blu-ray-.htm>> Acesso em: dez. 2015

MATSUMOTO, A. C. **Disco Blu-Ray.** 2008

MORIMOTO, C. E. **Drive de disquete.** 2007. Disponível em: <http://www.hardware.com.br/termos/drive-de-disquete>> Acesso em nov. 2015

MORIMOTO, C. E. **Entendendo os SSDs.** 2010. Disponível em: <http://www.hardware.com.br/tutoriais/entendendo-ssd/memoria-flash.html>> Acesso em: dez. 2015

MORIMOTO, C. E. **Hardware Manual Completo**. Janeiro. 2002. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/livros/hardware-manual/>> Acesso em: dez. 2015

MORIMOTO, C. E. **Hardware, o Guia Definitivo**. Outubro. 2007. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/livros/hardware/>> Acesso em: dez. 2015

MORIMOTO, C. E. **LBA**. Junho. 2005. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/termos/lba>> Acesso em: dez. 2015

MORIMOTO, C. E. **MBR**. Junho. 2005. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/termos/mbr>> Acesso em: dez. 2015

MORIMOTO, C. E. **Mídias Ópticas**. 2011. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/guias/hds/midias-opticas.html>> Acesso em: nov. 2015

MORIMOTO, C. E. **SLC, MLC e TLC: Por quê as memórias Flash estão ficando piores**. 2012. Disponível: <<http://www.hardware.com.br/tutoriais/slc-mlc-tlc/>> Acesso: nov. 2015

PEREIRA, A. L. **Como Funcionam CDs e DVDs Regraváveis?** 2012. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/gravacao-de-disco/21540-como-funcionam-cds-e-dvds-regravaveis-.htm>> Acesso em: dez. 2015

PIRIFORM. **Apresentando o Recuva**. 2015. Disponível em: <<https://www.piriform.com/docs/recuva/introducing-recu>> Acesso em: dezembro de 2015

PIXININE, J. **Na memória: relembre a evolução dos dispositivos de armazenamento**. 2015. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/listas/noticia/2015/05/na-memoria-relembre-a-evolucao-dos-dispositivos-de-armazenamento.html>> Acesso em: dez. 2015

RUSSO, R. A **História e evolução do Armazenamento Digital**. 2013. Disponível em: <<http://escreveassim.com.br/2013/10/11/a-historia-e-evolucao-do-armazenamento-digital/>> Acesso em: dez. 2015

SEAGATE. (s.d.). **Tecnologia Adaptive Memory em discos híbridos de estado sólido**. Disponível em: <<http://www.seagate.com/br/pt/tech-insights/adaptive-memory-in-sshd-master-ti/>> Acesso em: dez. 2015

SEAGATE. (s.d.). **Tecnologia híbrida de estado sólido**. Disponível em: <<http://www.seagate.com/br/pt/solutions/solid-state-hy>> Acesso em: dez. 2015

TANENBAUM, A. S. **Sistemas Operacionais Projeto e Implementação**. 2. ed. Bookman. 2000

TANENBAUM, A. S. **Sistemas Operacionais Modernos**. 2. ed. Prentice Hall. 2003

TANENBAUM, A. S. **Sistemas Operacionais Projeto e Implementação** 3.ed. Bookman. 2008. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=Z5sCbDRUBaQC&pg=PA459&lpg=PA459&dq=sistemas+de+arquivos+MBR&source=bl&ots=e_-aTk2zO_&sig=2i998HZmjVvDTBHxVxHFhrweF44&hl=pt-BR&sa=X&ved=0CBwQ6AEwADgKahUKEwie3rXKhKTHAhXFhJAKHXT3A7Q#v=onepage&q=sistemas%20de%20arquivos%20MBR&f=true> Acesso em: dez. 2015

TANENBAUM, A. S. **Sistemas Operacionais Modernos**. 3. ed. Prentice Hal. 2009

8 APÊNDICE

8.1 Utilizando as Ferramentas

8.1.1 Photorec

Como o Photorec é uma ferramenta fabricada pela mesma empresa do TestDisk e ambas as ferramentas vem junto no mesmo arquivo “.rar”. Para inicia-la basta abrir o arquivo com o nome “*qphotorec_win*”, está opção a ferramenta é executada via uma interface gráfica. A Opção “*photorec_win*” é executada via “*prompt*”.

Ao iniciar a ferramenta selecione o drive cujo se deseja fazer a recuperação dos arquivos que foram perdidos. Na opção “*File system type*” marque o sistema de arquivos que a partição/drive está formatada. Como a busca realizada é para recuperar arquivos apagados a opção “*Free*” deve ser marcada. Caso o sistema de arquivos esteja danificado a opção adequada é a “*Whole*”. Conforme a Imagem 94.

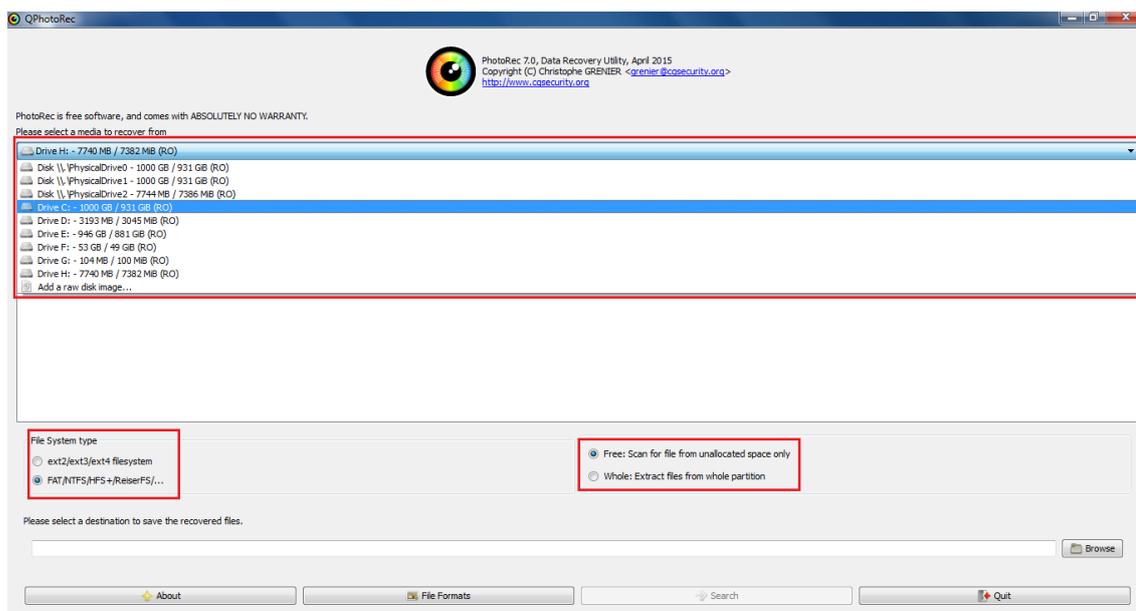


Imagem 94. Utilização da Ferramenta Photorec. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Selecione a “Flag” que mostra qual o sistema de arquivo utilizado como na imagem abaixo a opção “NTFS”. Selecionando a opção “Unknown” automaticamente será selecionada a opção “Whole” assim a será realizada uma busca para recuperar o sistema de arquivo.

Clique em “File Formats” para escolher os tipos de arquivos a serem recuperados e em “Browse” para escolher onde os arquivos recuperados serão salvos. Como demonstrado nas Imagens 95 e 96.

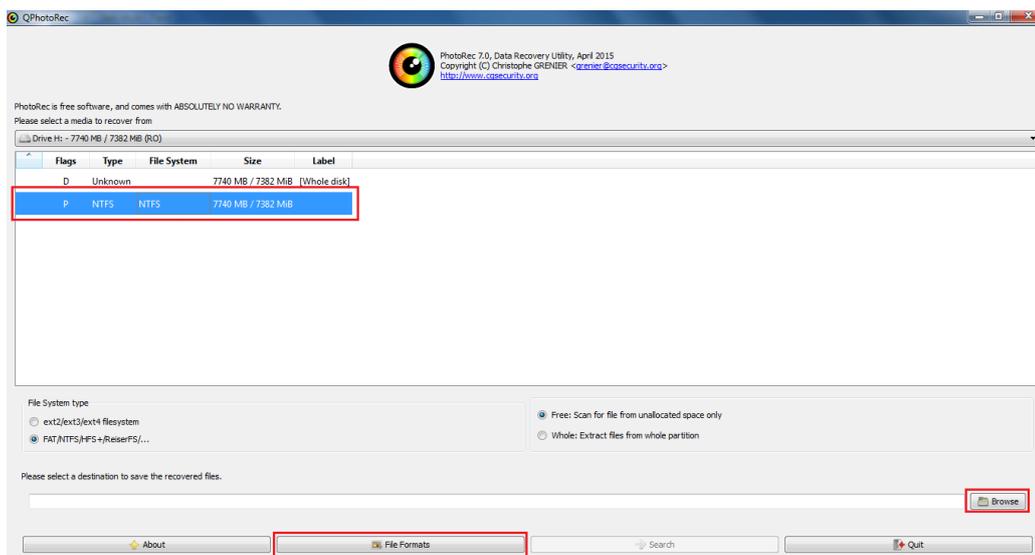


Imagem 95. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barreirim.

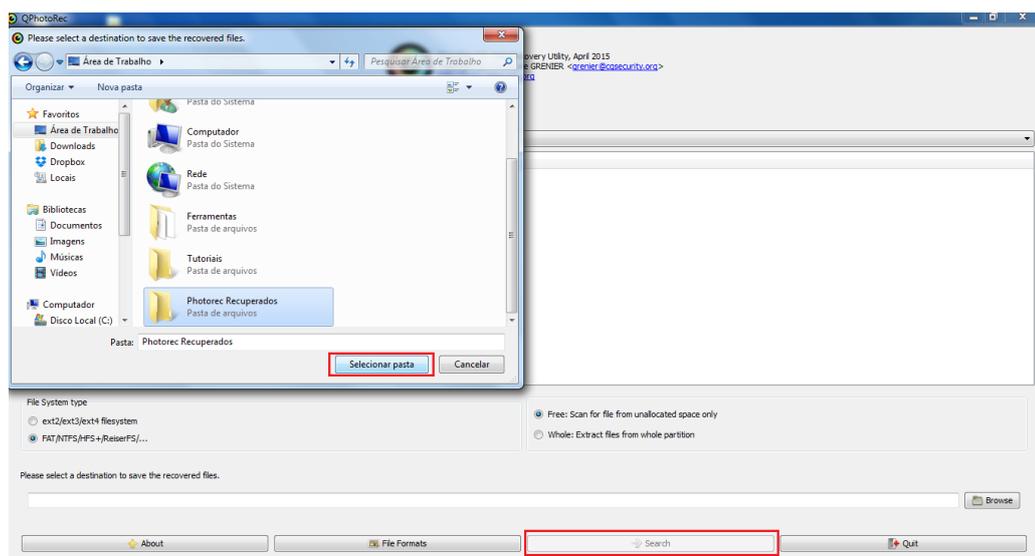


Imagem 96. Utilização da Ferramenta Photorec. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Durante a busca o Photorec irá mostrar uma tabela de quais os tipos de arquivos e a quantidade de arquivos que estão sendo recuperados. Conforme mostrado na Imagem 97.

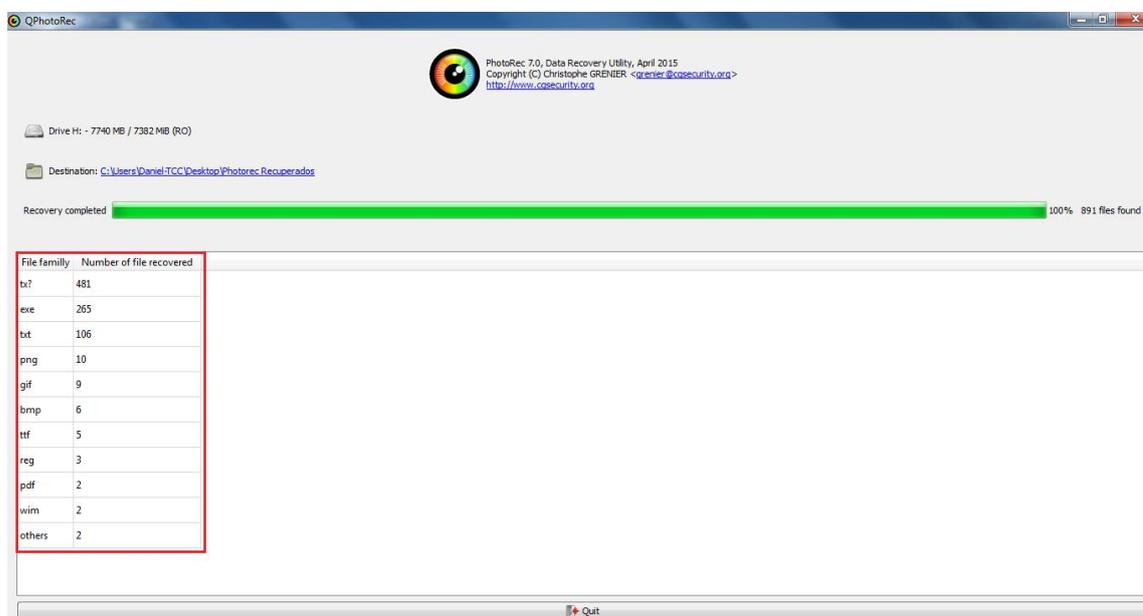


Imagem 97. Utilização da Ferramenta Photorec. Fonte: Daniel G. Barreirim.

A o concluir a busca basta abrir a pasta onde os arquivos foram salvos.

8.1.2 PC Inspector File Recovery

Antes de executar o programa é necessário fazer uma configuração de compatibilidade para que ele funcione adequadamente nas versões do Windows 7 a cima.

Após a instalação do software, clique com o botão auxiliar do mouse (botão direito), e vá em “Propriedades”. Uma nova janela irá se abrir, clique na aba “Compatibilidade”, marque a opção “Executar este programa em modo de compatibilidade:” e selecione “Windows XP (Service Pack 3)”. Também é necessário marcar a opção “Executar este programa como administrador”. Conforme a Imagem 98.

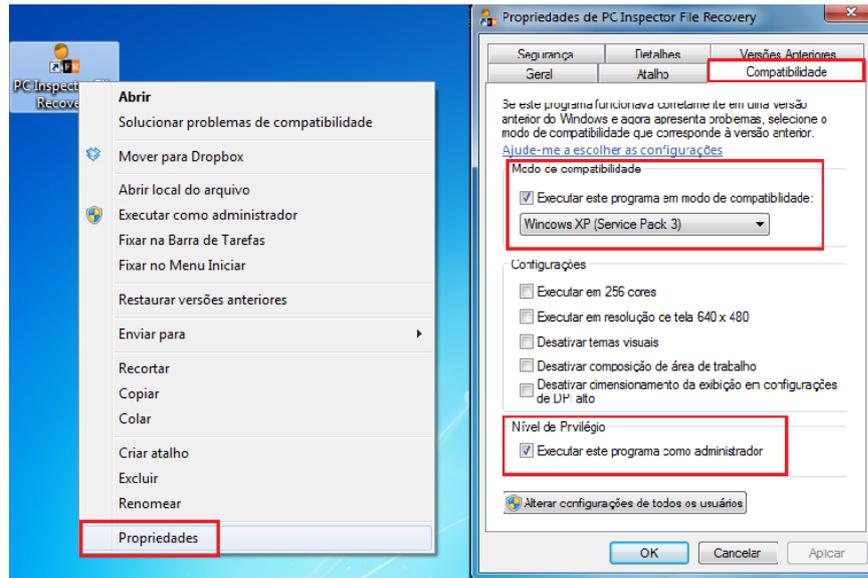


Imagem 98. Utilização da Ferramenta PC Inspector File Recovery. Fonte: Daniel G. Barrelim.

Após a configuração de compatibilidade basta executar o software e escolher o idioma. A grande desvantagem do PC Inspector File Recovery é que ele não possui suporte para o idioma Português. Como mostrado na Imagem 99.

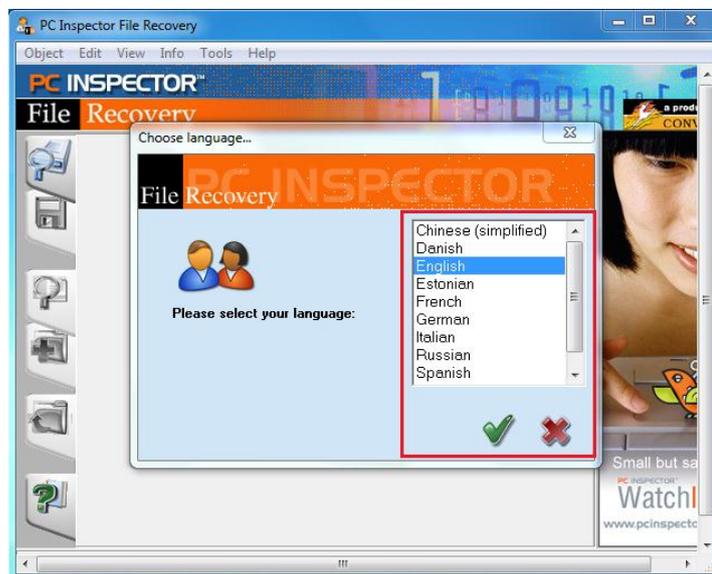


Imagem 99. Utilização da Ferramenta PC Inspector File Recovery. Fonte: Daniel G. Barrelim.

A opção “*Find lost Data*” funcionará basicamente como a “*Recover deleted files*” mas irá fazer uma busca mais avançada no drive. “*Find lost drive*” irá

localizar drives físicos ou lógicos que o sistema operacional não reconheceu. Como na Imagem 100.

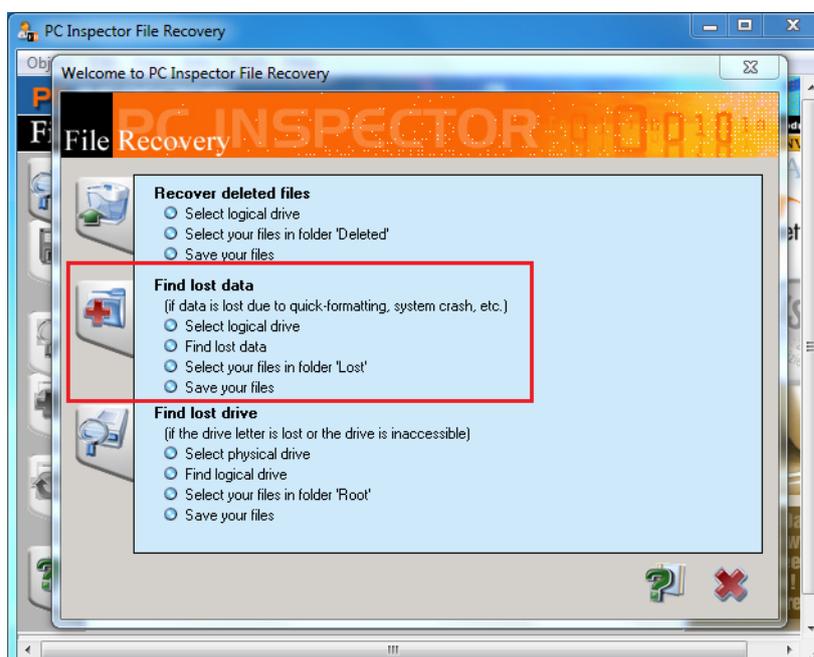


Imagem 100. Utilização da Ferramenta PC Inspector File Recovery. Fonte: Daniel G. Barrelim.

O próximo passo será a escolha do drive físico ou logico no qual se realizará a busca pelos arquivos perdidos. Feita a escolha do drive uma janela com o “range” ou a quantidade de cluster que o File Recovery irá realizar a busca. Recomenda-se deixar o padrão dado pelo próprio software, pois assim a busca será em todo o drive. Conforme a Imagem 101.

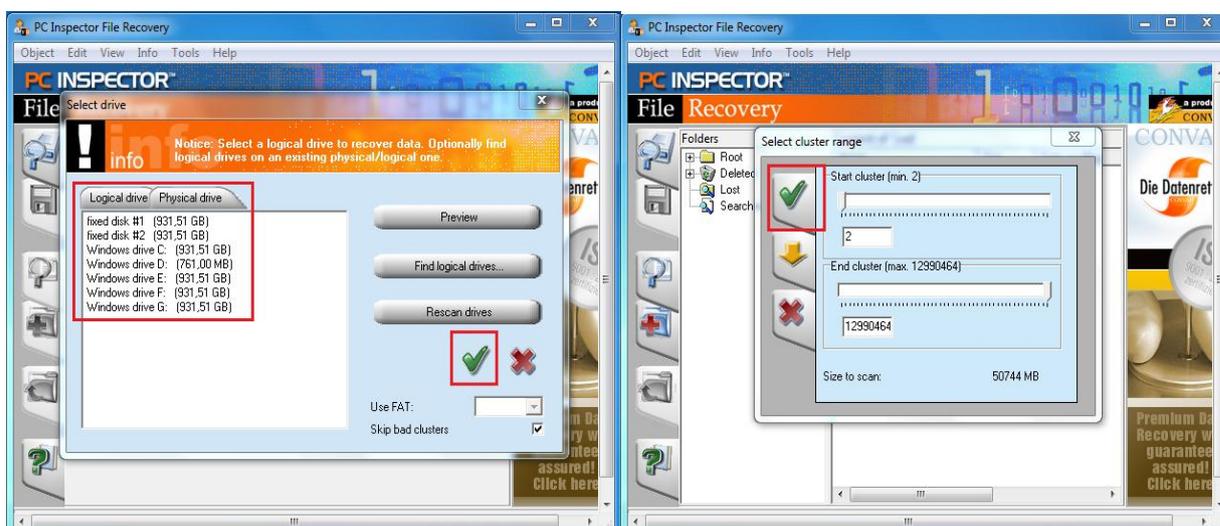


Imagem 101. Utilização da Ferramenta PC Inspector File Recovery. Fonte: Daniel G. Barrelim.

Assim que o File Recovery terminar de fazer a busca, ele irá apresentar uma lista com todos os arquivos encontrados. Como todos os arquivos vão estar com o nome de “cluster”, a escolha pode ser feita pelo menu “Type” assim podendo ver a extensão do arquivo e o podendo recupera-lo. Os arquivos recebem o nome de “cluster”, devido ao fato de ser o cluster que o arquivo se localizava em disco. Após a escolha dos arquivos clique no ícone de “disquete” e escolhe o local onde os arquivos serão salvos. Conforme a Imagem 102.

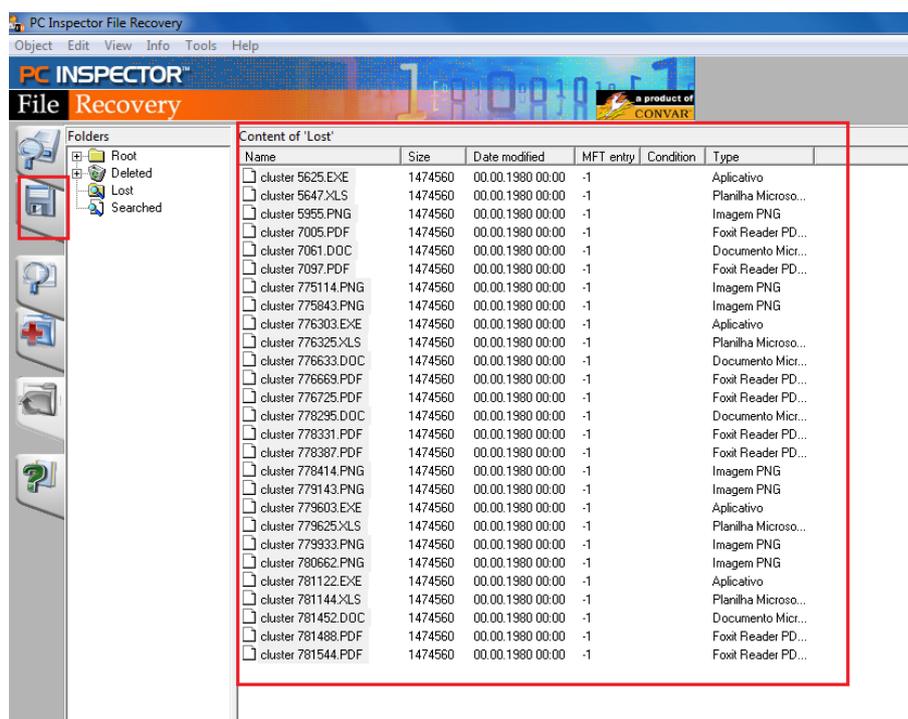


Imagem 102. Utilização da Ferramenta PC Inspector File Recovery. Fonte: Daniel G. Barrelim.

8.1.3 Disk Drill

Ao concluir a instalação do software e executá-lo, escolha o drive físico no qual foi perdido os arquivos. Caso o drive possua partições lógicas elas irão aparecer assim que se escolher o drive físico. Assim que se escolher qual partição que se deseja recuperar, basta clicar em “Recover” que está na frente da unidade e a busca pelos arquivos iniciará. Representando na Imagem 103.

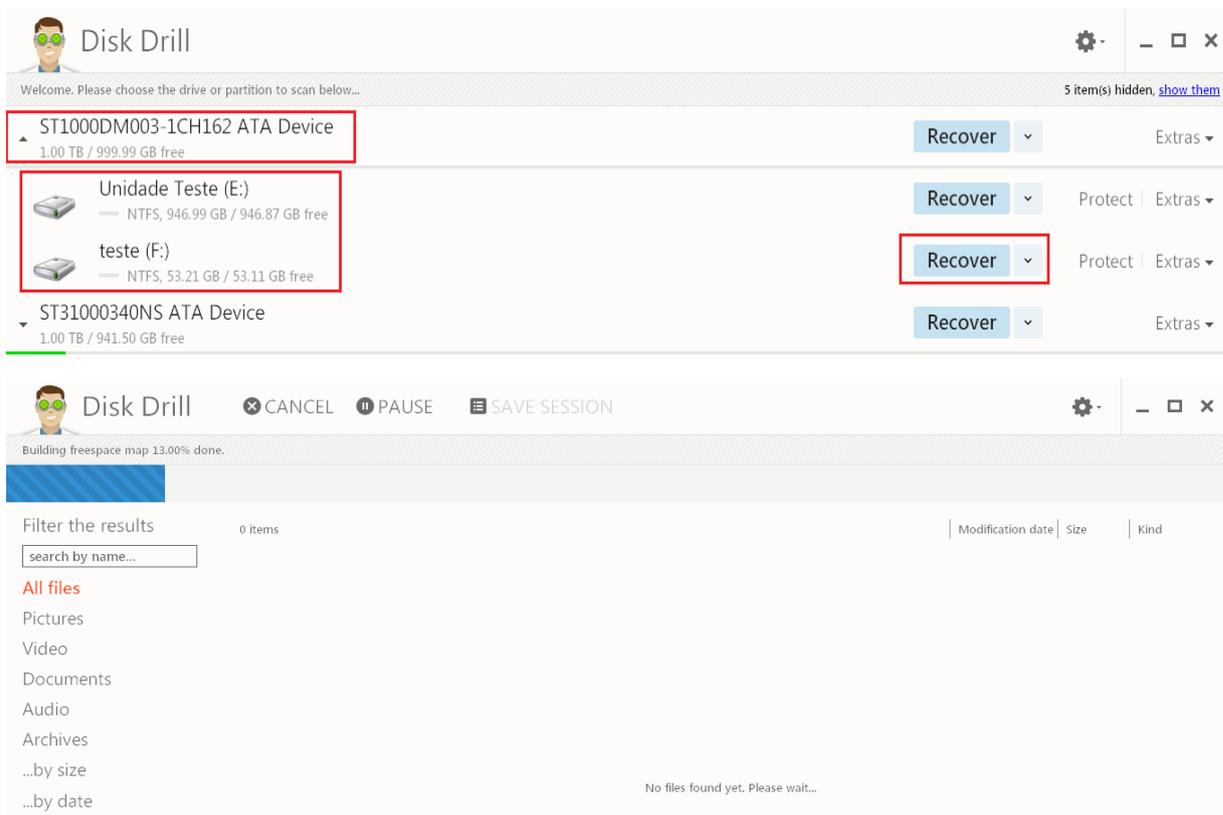


Imagem 103. Utilização da Ferramenta Disk Drill. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Quando a busca pelos arquivos for concluída o Disk Drill irá apresentar uma estrutura mostrando a quantidade de arquivos recuperados. Nesta estrutura os arquivos serão separados pelo seu formato, como por exemplo, documentos (“documents”), imagens (“Pictures”). Uma segunda alternativa de seleção dos arquivos está no menu à esquerda “All files” onde se pode separar os arquivos pelos tipos de formatos escolhidos, por data de modificação “by date” ou por tamanho “by size”.

Todos os arquivos recuperados são salvos automaticamente em uma pasta específica, esta pasta podemos localiza na barra “Recover to.”. Como mostra a Imagem 104 na página seguinte.

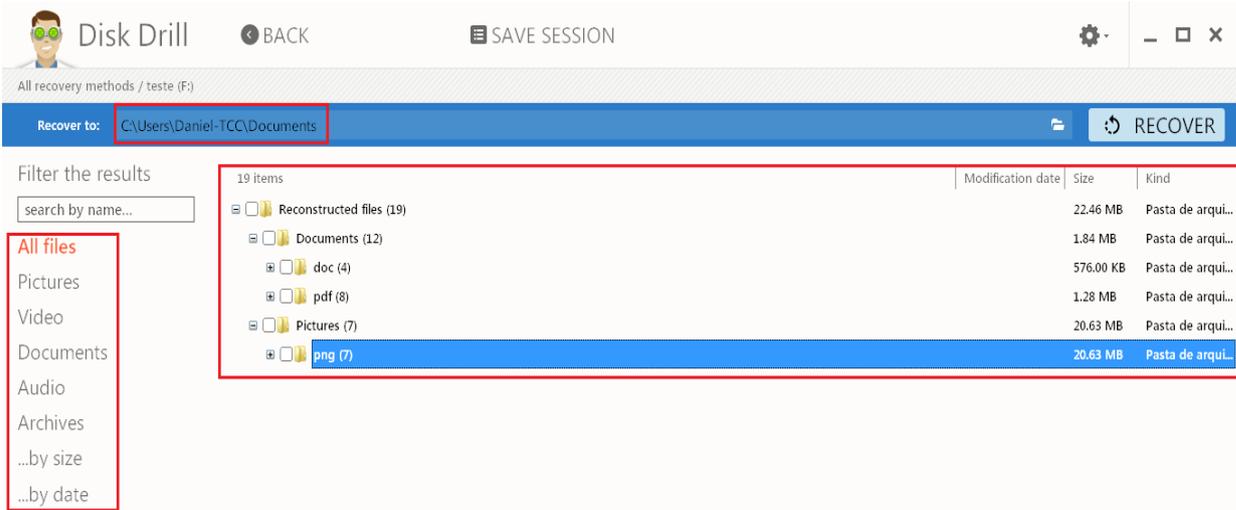


Imagem 104. Utilização da Ferramenta Disk Drill. Fonte: Daniel G. Barrelim.

Em caso de recuperação de imagem o Disk Drill apresenta uma visualização rápida assim pode-se saber se a imagem perdida foi recuperada. Para se visualizar a imagem basta expandir a pasta “Pictures” e expandir também a pasta com o formato da imagem, neste caso “PNG”. Como o Disk Drill não recupera o nome dos arquivos, basta clicar no desenho de “lupa” que está à frente de cada imagem. Assim uma pequena visualização do arquivo recuperado irá aparecer. Este tipo de visualização é permitido apenas para imagens. Conforme a Imagem 105.

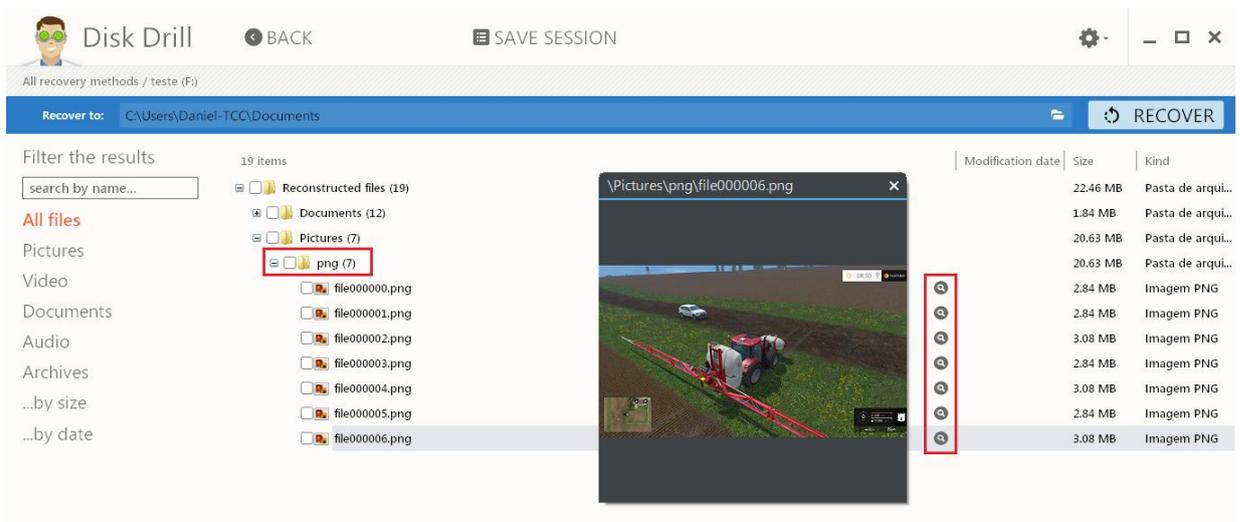


Imagem 105. Utilização da Ferramenta Disk Drill. Fonte: Daniel G. Barrelim.

8.1.4 Recuva

Após instalar o software e inicia-lo, basta clicar em “avançar”. Como a Imagem 106 a seguir.

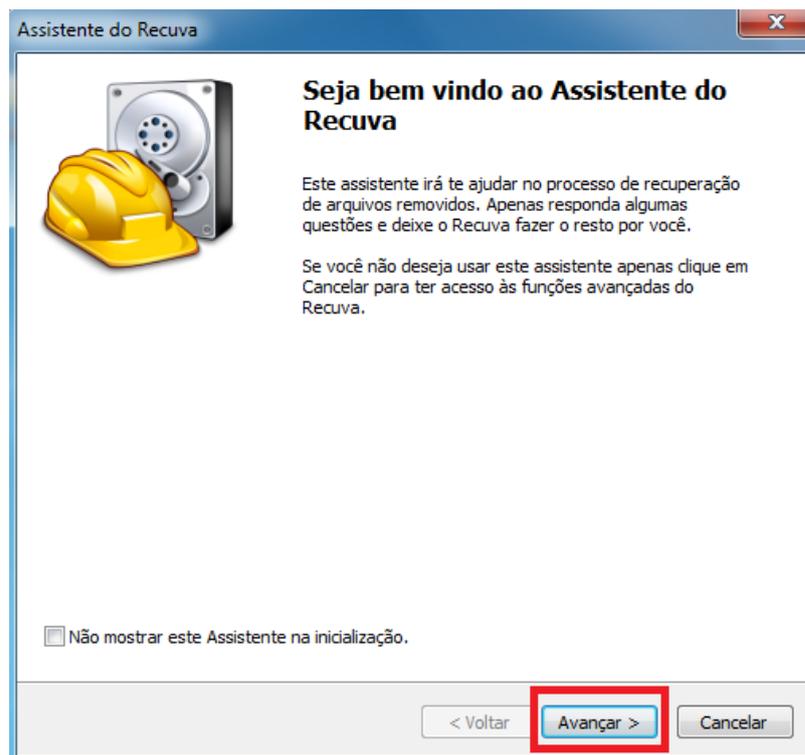


Imagem 106. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barreirim.

A seguir aparecerá uma lista para se escolher qual o tipo de arquivo que se irá recuperar, após a escolha, clique “avançar”. Como mostra a Imagem 107.

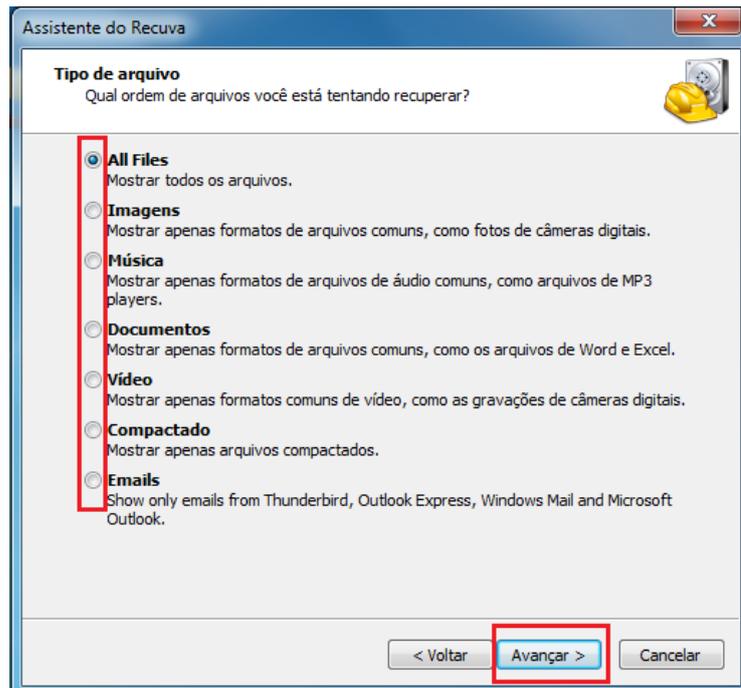


Imagem 107. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Após selecionar o tipo de arquivo, o Recuva pedirá para escolher o local de onde o arquivo foi apagado, se as opções listadas não forem compatíveis basta clicar “Em um local específico”, e “navegar”. Escolhendo o local do arquivo de onde se deseja recuperar o arquivo basta clicar em “avançar”. Conforme a Imagem 108.

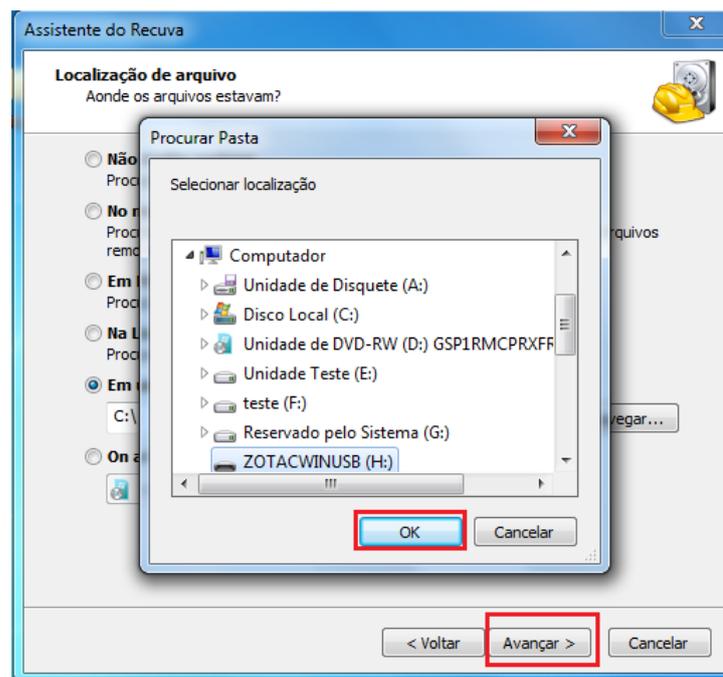


Imagem 108. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Ative a opção de verificação profunda, assim o Recuva irá fazer uma busca mais detalhada para a recuperação dos arquivos, e clique “Iniciar”. Demonstrado na Imagem 109 a seguir.



Imagem 109. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barreirim.

A busca dos arquivos será efetuada. Conforme a Imagem 110 a seguir.

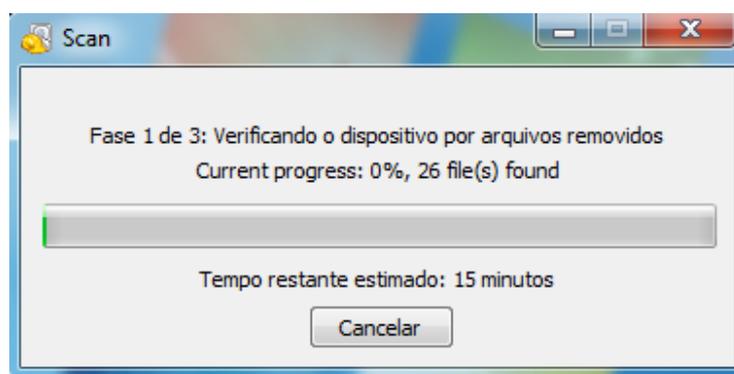


Imagem 110. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Ao concluir a busca pelos arquivos aparecerá uma lista com todos os arquivos que o Recuva recuperou, assim marcando os arquivos que se deseja recuperar clique “recuperar”. Mostrado na Imagem 111.

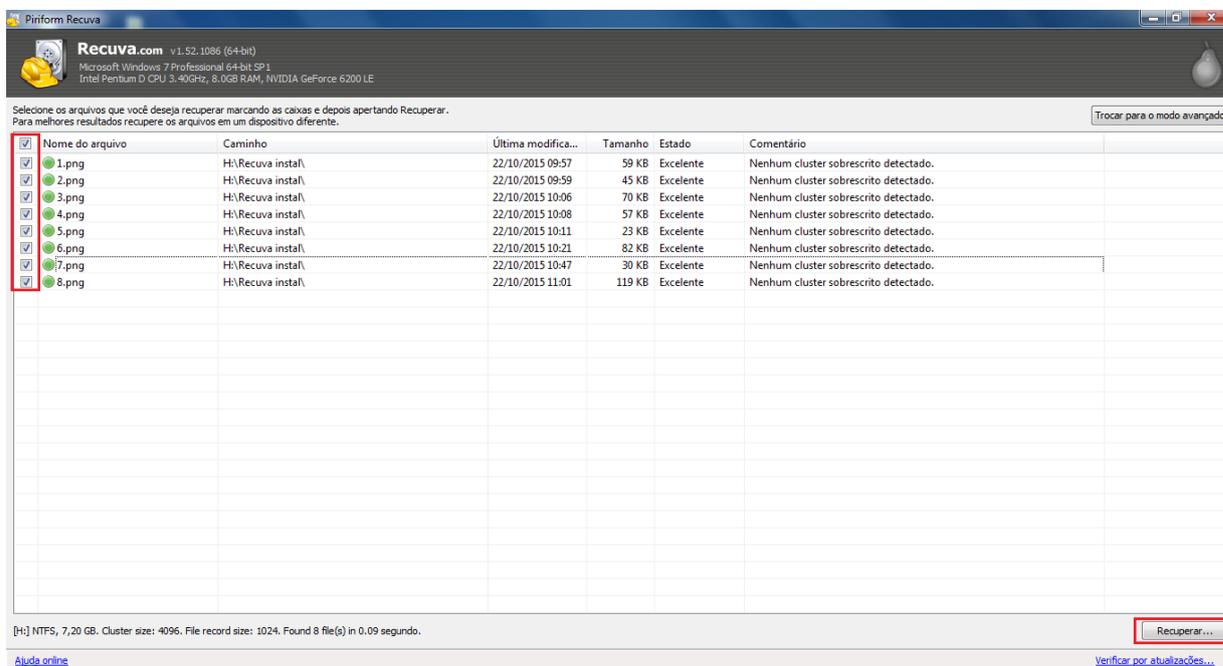


Imagem 111. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Uma janela irá aparecer para selecionar o local onde os arquivos recuperados serão salvos e pronto. Demonstrado na Imagem 112.

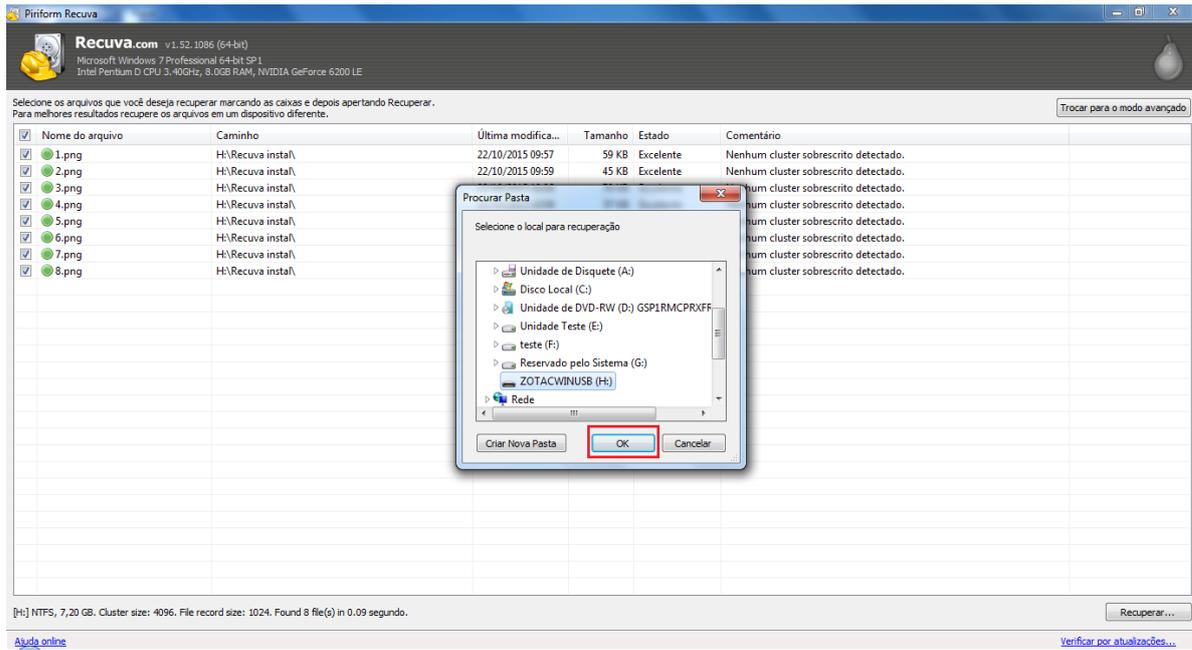


Imagem 112. Utilização da Ferramenta Recuva. Fonte: Daniel G. Barreirim.

8.1.5 Live CD Ubuntu 14.10

Ao inserir o Live CD do Ubuntu abra o terminal e digite o seguinte comando.
`sudo fdisk -l`

Este comando irá listar todos os drives físicos e lógicos encontrados. O comando “*sudo*” fará com que o terminal trabalhe em modo de privilegio máximo. Cada partição recebe um nome, por exemplo, `/dev/sda`. E cada partição logica recebe um endereço derivado, `/dev/sda1`, `/dev/sda2`, etc, como marcado em vermelho. Também é informado o tipo do sistema de arquivos utilizado em cada partição, como vemos sublinhado de vermelho. As partições marcadas com `sda` são do HD principal, já os marcados como `sdb`, `sdc`, `sdd` são como HD’s externos, pendrives, etc. Conforme a Imagem 113.

```
ubuntu@ubuntu: ~
ubuntu@ubuntu:~$ sudo fdisk -l

Disco /dev/sda: 1000.2 GB, 1000204886016 bytes
255 cabeças, 63 setores/trilhas, 121601 cilindros, total de 1953525168 setores
Unidades = setores de 1 * 512 = 512 bytes
Tamanho do setor (lógico/físico): 512 bytes / 512 bytes
Tamanho da E/S (mínimo/ideal): 512 bytes / 512 bytes
Identificador do disco: 0x000d390e

Dispositivo Boot      Início           Fim             Blocos          Id Sistema
/dev/sda1 *           2048            206847          102400          7 HPFS/NTFS/exFAT
/dev/sda2             206848          978016255       488904704       7 HPFS/NTFS/exFAT
/dev/sda3             978018302       1953523711      487752705       5 Estendida
/dev/sda5             978018304       981921791       1951744         82 Linux swap / Solaris
/dev/sda6             981923840       1953523711      485799936       83 Linux

Disco /dev/sdb: 250.1 GB, 250059350016 bytes
255 cabeças, 63 setores/trilhas, 30401 cilindros, total de 488397168 setores
Unidades = setores de 1 * 512 = 512 bytes
Tamanho do setor (lógico/físico): 512 bytes / 512 bytes
Tamanho da E/S (mínimo/ideal): 512 bytes / 512 bytes
Identificador do disco: 0x4b27d68a

Dispositivo Boot      Início           Fim             Blocos          Id Sistema
/dev/sdb1             2048            488394751       244196352       7 HPFS/NTFS/exFAT
```

Imagem 113. Utilização do Live CD Ubuntu 14.10. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Após localizar o drive no qual os arquivos perdidos estão, será realizada uma busca para listar todos os arquivos.

```
sudo ntfsundelete /dev/sdb1
```

O comando `ntfsundelete` irá listar todos os arquivos que podem ser recuperados dentro da partição escolhida, neste caso será a `sdb1`. Caso este comando resulte em um erro, basta utilizar o parâmetro “-f”. Como a Imagem 114 mostra.

```
ubuntu@ubuntu:~$ sudo ntfsundelete /dev/sdb1
Access is denied because the NTFS volume is already exclusively opened.
The volume may be already mounted, or another software may use it which
could be identified for example by the help of the 'fuser' command.
You can use force option to avoid this check, but this is not recommended
and may lead to data corruption.
```

Imagem 114. Utilização do Live CD Ubuntu 14.10. Fonte: Daniel G. Barreirim.

“Acesso negado porque o volume NTFS já está aberto. O volume já pode estar montado, ou outro software pode ser usado para acessá-lo, por exemplo, com a ajuda do comando `fuser`. Você pode usar a opção de força para realizar esta verificação, mas isso não é recomendado e pode levar à corrupção dos dados.”

```
sudo ntfsundelete -f /dev/sdb1
```

Assim o parâmetro “-f” irá forçar o `ntfsundelete` a verificar a partição. O menu “*Inode*” representa um código único de cada arquivo, por exemplo, o arquivo

THANKS.txt é representado pelo “Inode 38”. O menu %age mostra se o arquivo está recuperavel ou não, representando por 0% ou 100%. Mostrado na Imagem 115.

```
ubuntu@ubuntu:~$ sudo ntfsundelete -f /dev/sdb1
Forced to continue.
Inode  Flags  %age  Date          Size  Filename
-----
16     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
17     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
18     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
19     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
20     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
21     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
22     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
23     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
37     D..    0%    2015-10-29    0     _680718_
38     FR..   100%  2015-10-08    350   THANKS.txt
39     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
40     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
41     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
42     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
43     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
44     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
45     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
46     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
47     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
48     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
49     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
50     F..!   0%    1970-01-01    0     <none>
```

Imagem 115. Utilização do Live CD Ubuntu 14.10. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Caso necessite de uma busca mais avançada para localizar algum arquivo específico. O parâmetro `| grep` buscar apenas os arquivos com uma determinada extensão, neste caso usamos o “.txt”, se fosse por exemplo uma imagem pode-se utilizar “.png”. Como a Imagem 116 a seguir mostra.

```
sudo ntfsundelete -f /dev/sdb1 | grep .txt
```

```
ubuntu@ubuntu:~$ sudo ntfsundelete -f /dev/sdb1 | grep .txt
Forced to continue.
38     FR..   100%  2015-10-08    350   THANKS.txt
ubuntu@ubuntu:~$
```

Imagem 116. Utilização do Live CD Ubuntu 14.10. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Após localizar o arquivo se utiliza o seguinte comando.

```
sudo ntfsundelete -f /dev/sdb1 -u -m THANKS.txt
```

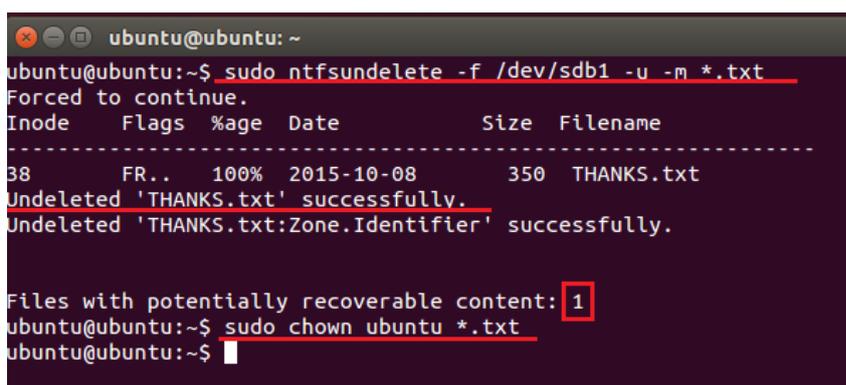
```
sudo ntfsundelete -f /dev/sdb1 -u -m *.txt
```

O parâmetro “-u” é utilizado para informar que se deseja recuperar o arquivo, com o nome representado pelo “-m” e informando o nome do arquivo e sua extensão, como por exemplo “THANKS.txt”. Caso se deseje recuperar mais de 1 arquivo com a mesma extensão basta por “*” antes da extensão.

Será mostrada uma lista com todos os arquivos recuperados e quantos foram recuperados. Após os arquivos serem recuperados eles estarão bloqueados, basta digitar o comando para que eles sejam desbloqueados.

*Sudo chown ubuntu *.txt*

O parâmetro “chown” fara que todos os arquivos recuperados sejam desbloqueados assim alterando os parâmetros dele para os usuários, neste caso o nome de usuário é o “ubuntu”. Deve se informar também a extensão do arquivo. Conforme a Imagem 117.



```
ubuntu@ubuntu: ~
ubuntu@ubuntu:~$ sudo ntfsundelete -f /dev/sdb1 -u -m *.txt
Forced to continue.
Inode  Flags  %age  Date          Size  Filename
-----
38      FR..   100%  2015-10-08    350   THANKS.txt
Undeleted 'THANKS.txt' successfully.
Undeleted 'THANKS.txt:Zone.Identifier' successfully.

Files with potentially recoverable content: 1
ubuntu@ubuntu:~$ sudo chown ubuntu *.txt
ubuntu@ubuntu:~$
```

Imagem 117. Utilização do Live CD Ubuntu 14.10. Fonte: Daniel G. Barreirim.

Todos os arquivos recuperados são salvos automaticamente na pasta pessoal, para acessa lá basta clicar no ícone na área de trabalho e logo depois em “pasta pessoal”. Conforme a Imagem 118, na página seguinte.

