

# Capítulo 3

## 3.Modelo Conceitual

Este capítulo descreve o modelo conceitual desta tese e engloba 1) requisitos; 2) a descrição das metáforas; 3) as aplicações relacionadas a interação, Leitura em Realidade Virtual (LRV)/LnE e Visualização da Informação (InfoVis). O objetivo é apresentar um modelo/arquitetura que seja 1) simples no manuseio e disposição dos elementos visuais; 2) completo, englobando novos paradigmas que se adaptem rapidamente às situações presentes e futuras simultaneamente.

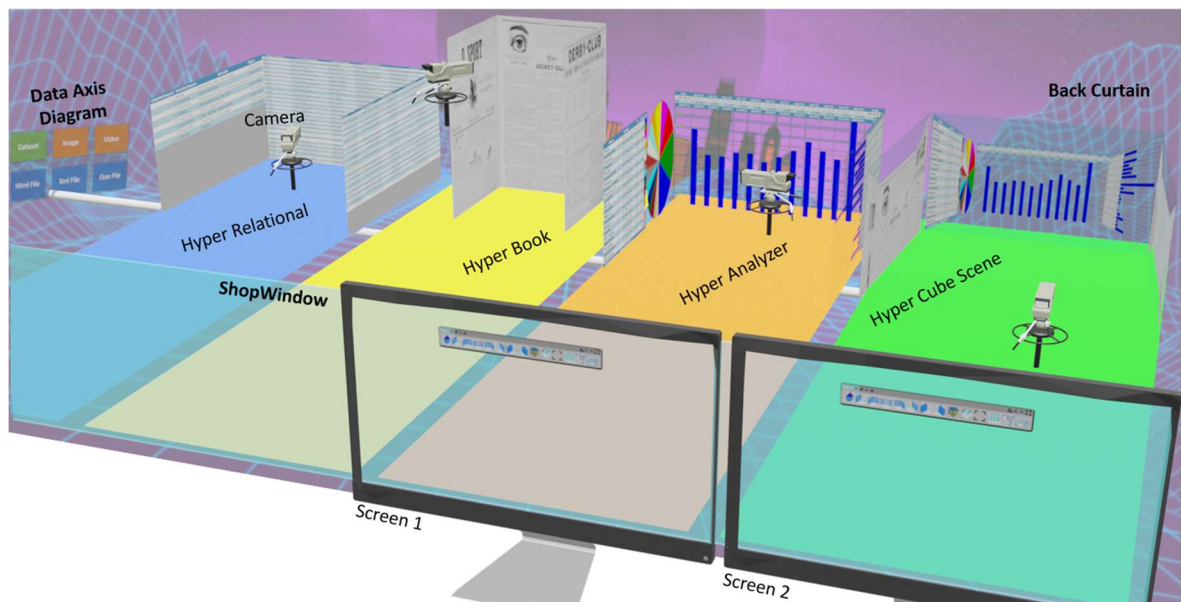
### 3.1 Definições

O modelo **HyperCube** é um conjunto de metáforas e algoritmos baseados nas propriedades geométricas do tesseracto (o hipercubo-4D). Uma vez que os lados do tesseracto são cubos 3D, cada um pode conter uma *viewport-3D*, ou seja, a camada *View* em um modelo *Model-View-Controller* – chamada de **WorkScene**. Portanto, as **WorkScenes** são atribuídas aos lados do tesseracto para o gerenciamento do ambiente. Dessa forma, a relação entre o **HyperCube** e as **WorkScenes** é semelhante a um navegador da Web e os sítios de internet.

**HyperCube4X** é o protótipo implementado para testar o modelo teórico e disponível para *download*. O protótipo conta com três **WorkScenes** desenvolvidas para diferentes tipos de exploração 1) **HyperBook** – gerenciador de galeria de imagens e um leitor de e-DOC que pode carregar vários arquivos de diversos formatos no mesmo ambiente; 2) **HyperAnalyzer** – visualizador de cubos OLAP (processamento analítico online) que explora as relações espaciais da informação; 3) **HyperRelational** – sistema de visualização de dados que conecta sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais (RDMS) e texto estruturado, como json e xml, por exemplo.

A figura 3.1 ilustra as metáforas, algoritmos e técnicas compartilhados pelas **WorkScenes** tais como, **BackCurtain**, **DataAxis**, **ShopWindow**, e as aplicações, **HyperAnalyzer**,

**HyperBook** e **HyperRelational**. No modelo **HyperCube**, o ecrã é preenchido como um todo, ou seja, não há barra de título, barra de menu ou barras de rolagem, com o intuito de induzir a “presença”. Até mesmo a barra de tarefas do sistema operativo fica encoberta. Em vez disso, os elementos de interação são exibidos sob demanda na **ShopWindow**. O **DataAxis** (eixo de dados) é uma porta de intercomunicação que permite o compartilhamento de informações através das **WorkScenes**. Por fim, a **HyperCubeScene** é uma **WorkScene** especial que funciona como gerenciador de tarefas no qual é possível visualizar as **WorkScenes** abertas. Os elementos do modelo serão descritos detalhadamente nas seções abaixo.



*Figura 3.1. Visão geral dos elementos do modelo HyperCube*

### 3.2 Requisitos

Os requisitos centrais se baseiam nos termos da ISO 9241, que propõe que a interface deve estimular o utilizador enquanto cuida da facilidade de aprendizado e uso, e as conclusões do Capítulo 2. Além disso, os elementos do modelo devem se encadear naturalmente para que os utilizadores não percebam os limites entre eles. Portanto, o encadeamento entre metáforas deve considerar a complexidade da tarefa realizada. Assim, as metáforas devem ser mais abstratas ou concretas dependendo do resultado esperado. Por fim, estes elementos serão implementados no protótipo para comparação com paradigmas atuais e testes com utilizadores, visando os seguintes objetivos:

- 1) Interação independente do dispositivo.
- 2) Uso otimizado do ecrã *widescreen*, explorando o uso paralelo em diferentes planos.
- 3) Várias **WorkScenes** (aplicativos) devem editar (visualizar) um arquivo de dados e uma **WorkScene** deve simultaneamente visualizar/editar dados de várias fontes.
- 4) O recurso de organização do espaço informacional baseia-se em um jogo de permutação, onde cada elemento se encontra em uma posição conhecida, o que torna a organização mais eficiente principalmente em ambientes mais carregados.

As questões que orientam a descrição das metáforas são 1) Por que elas deveriam funcionar? 2) do que são feitas? 3) Como funcionam? (Yang et al., 2010). Observe que a primeira questão foi alterada porque a descrição do modelo permite apenas a análise lógico-matemática. Após os testes com utilizadores, a pergunta original: “elas realmente funcionam?” poderá ser respondida no capítulo 4. O **HyperCube4X** está disponível para demonstrar a proposta na prática (Channel, 2019; Lima, 2019) , destacando os principais objetivos de interação e visualização, a saber,

- 1) Demonstrar como metáforas e algoritmos interagem para criar um novo ambiente de interação e visualização de informações.
- 2) Mostrar como a metáfora do *desktop* integra o modelo como metáfora complementar.
- 3) Mostrar como “*depth and surface*” (profundidade e superfície) e “*cutting a document into pages*” (dividir um documento em folhas independentes ) auxiliam os utilizadores a 1) agrupar; 2) comparar lado a lado; e 3) combinar informações espalhadas entre páginas de um mesmo documento ou vários documentos.
- 4) Demonstrar como o “*virtual screen enlargement*” (aumento virtual do ecrã) otimiza o espaço e a contextualização de leitura.
- 5) Mostrar como elementos 3D, como plano de fundo, iluminação, câmara e movimentos de face, podem simplificar a criação de vídeos/apresentações.
- 6) Descrever a relação entre as informações como relações dimensionais do espaço do ponto de vista geométrico.
- 7) Explorar “formulários dinâmicos” para criar navegação mestre-detelhe para dados estruturados e disposição otimizada de informações.

- 8) Descrever as várias propostas relacionadas ao mantra de busca de informações visuais de Shneiderman (Shneiderman, 1997) para criar uma estratégia de visualização abrangente.
- 9) Mostrar os recursos do **HyperRelational** para explorar os dados de forma interativa.
- 10) Descrever como o **HyperAnalyzer** explora a metáfora do cubo mágico para interação de informações e reconhecimento de padrões na análise e visualização de dados.

### 3.3 As Camadas de Profundidade do Ecrã

Em 1953, a *Twentieth Century Fox* (21<sup>th</sup> Fox) criou o rácio do aspeto *widescreen*, também conhecido como *Cinemascope*, visando uma imagem mais natural do que o formato tradicional 4:3, uma vez que aquele permite uma visão panorâmica da cena (TecMundo, 2009). Na década de 1980, a HDTV adotou o *widescreen* como padrão e, em 2003, chegou aos ecrãs de computador. No entanto, conforme a comparação entre os padrões *WYSIWYG* e *widescreen* no Capítulo 2, Seção 2.3, é fácil ver que os aplicativos baseados na metáfora do *desktop* não estão preparados para aproveitar o espaço extra gerado.

Além disso, se o formato surgiu para uma visão panorâmica e melhor contextualização, é fundamental considerar esses atributos ao propor um uso do ecrã além da área de trabalho (*beyond the desktop*). A Figura 3.2 mostra como o cinema explora o *widescreen*:



Figura 3.2. A visão panorâmica *widescreen* (Blender, 2012)

A paisagem contextualiza a cena, mas não é um distrator graças ao efeito desfocado. Portanto, é essencial controlar a exposição do fundo de acordo com o momento. Em

contraste, legendas, marcas d'água e controles de execução estão no plano principal. Estes são essenciais para o utilizador manipular o progresso do vídeo, mas torna a cena menos imersiva. Como resultado, os controles de execução surgem apenas sob demanda. Assim, a proposta é dividir o ecrã ao longo de uma “dimensão-z teórica” em três camadas para reproduzir o mesmo comportamento e possibilitar, a desenvolvedores e utilizadores, maior controle ambiental 1) A camada superior é um plano chamado **ShopWindow** que incorpora tarefas tradicionais do *desktop* mas não se restringe a ele; 2) O plano ao fundo é o **BackCurtain**, o qual possui uma lente colorida para controlar seu nível de exposição; e 3) A camada intermediária é a *viewport-3D* onde estão a câmara, faces e outros elementos 3D. Por fim, a **WorkScene** é a união de 2) e 3), ou seja, devido à natureza do **ShopWindow**, este é considerado um elemento independente.

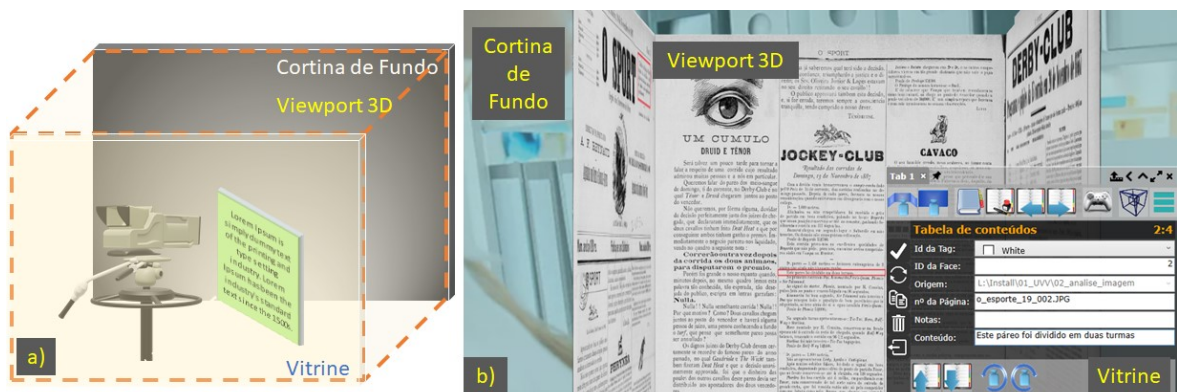


Figura 3.3. a) Modelo teórico b) Screenshot do protótipo.

Tanto a imagem quanto a lente colorida do **BackCurtain** podem gerar efeitos e transições animados, ou seja, a lente colorida variaria de transparente a opaca, para desfocar ou esmaecer a imagem por trás. Enquanto isso, uma animação pode ajudar na transição de um assunto para outro em uma apresentação de slides, entre salas de uma exposição de museu ou entre locações de uma história.

Em contraste, o **ShopWindow** é usado para elementos de primeiro plano e um *fade in* e *fade out* geral em apresentações, exposições e histórias. Além disso, esta camada mostra controles de ambiente sob demanda e é usada para “visualização em paralelo”, chamada de “*depth and surface*”, explicada a seguir neste capítulo.

### 3.4 A Geometria do Tesseracto

Conforme descrito na revisão de literatura, é possível criar metáforas transformando os atributos de um objeto ou forma geométrica em metáforas (Colin et al., 2019). Foi assim que o tesseracto se tornou o paradigma central do modelo **HyperCube**. A inspiração veio de trabalhos relacionados à teoria das cordas e supercordas da astrofísica, conforme comentários abaixo:

O espaço físico tem três dimensões espaciais observáveis que se combinam com o tempo para formar o contínuo 4-dimensional ilimitado (Superstring, 2022). No entanto, a teoria das supercordas postula a existência de 6 ou 7 dimensões extras enroladas em torno das visíveis em uma curvatura tão pequena que não são observáveis (Hawking, 2016). Assim, o que a ficção trata como a “quarta dimensão” seria a décima neste modelo.

Além disso, Carl Sagan inspirou este trabalho explicando a interação entre mundos de diferentes dimensões (Sagan, 2021), usando o livro “Planolândia, um romance em muitas dimensões” (Abbott, 1884) como ilustração. As conclusões são 1) um observador 3D interagindo com um mundo plano é paralelo à interação entre o utilizador e um sistema de metáfora de *desktop*; 2) o observador do mundo plano precisa de projeção para ver formas 3D, como na figura 3.4-a; 3) o mesmo ocorre para o observador 3D e uma forma 4D, como na figura 3.4-b (Eusebeia, 2018).

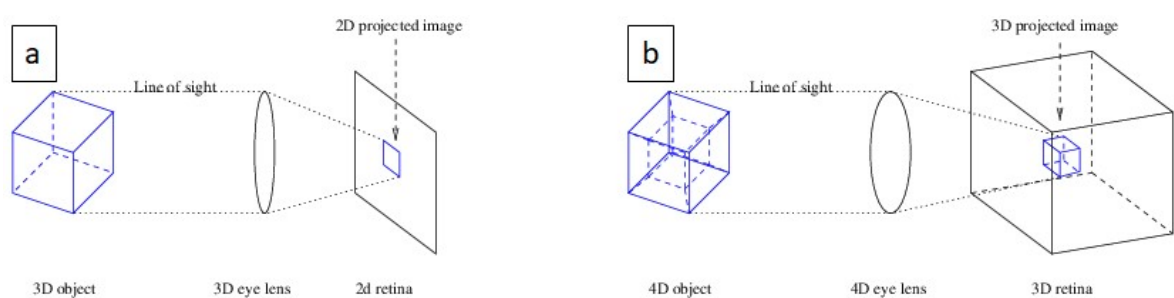


Figura 3.4. a) Projeção 3D para 2D b) Projeção 4D para 3D.

Outra possibilidade é desembrulhar (desdobrar) a forma. Finalmente, a figura 3.5 compara as propriedades do cubo e do tesseracto nas formas desembrulhada e projetada 1) o cubo desdobrado (a) tem todos os seis lados visíveis, mas as relações espaciais são perdidas; 2)



o cubo projetado (b) mantém as relações espaciais, mas a perspectiva é congelada; 3) o tesseracto desembrulhado (c) equivale a (a); 4) o tesseracto projetado equivale a (b).

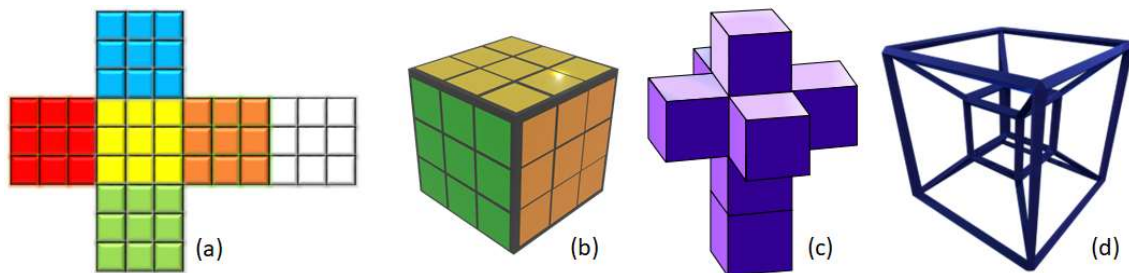


Figura 3.5. a) cubo desdobrado, b) cubo projetado, c) tesseracto desdobrado e d) tesseracto projetado.

Portanto, tanto a projeção quanto o desdobramento têm vantagens e desvantagens. Assim, é necessário criar funcionalidades que permitam ao utilizador alternar entre visualizações ou explorar visualizações paralelas. Esses recursos baseiam-se no “mantra de visualização” proposto por Shneiderman, ou seja, “Visão geral primeiro, zoom e filtro depois, detalhes sob demanda por fim” (Shneiderman, 1997). Por exemplo, a figura 3.6 compara uma visão geral do *desktop* tradicional (a) com a **HyperCubeScene** do **HyperCube4X** (b). Esta cena de trabalho de gerenciamento exibe uma visão panorâmica das cenas de trabalho carregadas e é semelhante à sombra do tesseract (figura 3.5-d):

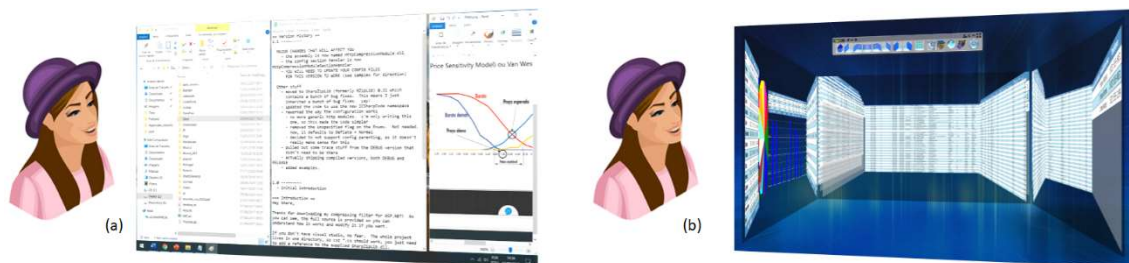


Figura 3.6. a) área de trabalho tradicional, b) HyperCubeScene do HyperCube4X.

Por fim, definimos a proposta do modelo **HyperCube** como “um sistema 4-dimensional de gerenciamento de *viewports*-3D que usa as propriedades geométricas do tesseract (o hipercubo-4D) como metáfora dominante para fornecer novas possibilidades de interação, Leitura de Realidade Virtual e Visualização da Informação”.

### 3.5 O Modelo de Interação

Dentro da **WorkScene**, informações – como tabelas/planilhas, páginas de texto, imagens ou gráficos – são organizadas como **faces** (imitando as faces de um cubo) e vinculadas a um eixo chamado **bindery**. A Figura 3.7 mostra um **bindery** real em (a) e a navegação das faces no **bindery** metafórico em (b), (c) e (d).



Figura 3.7. (a) bindery real; (b) faces à direita; (c) faces à esquerda/direita/frente; (d) faces à esquerda.

Esta metáfora também permite que os utilizadores trabalhem com dois ou mais arquivos simultaneamente e criem uma nova organização para eles. Por exemplo, na figura 3.8, (a) mostra uma guia identificadora real; (b) sua implementação metafórica, ou seja, faces classificadas por uma etiqueta (por exemplo, uma cor); (c) o utilizador reordenou as faces para refletir a sequência desejada de leitura. Sendo os endereços posição-face originais conhecidos, o utilizador pode restaurar a ordem original automaticamente.

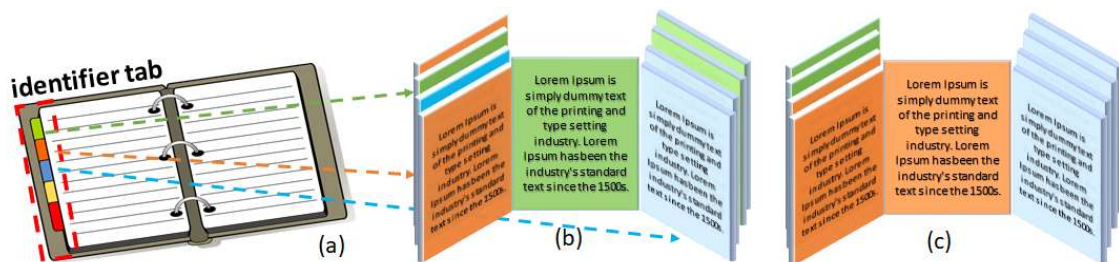


Figura 3.8. (a) identificador real; (b) faces marcadas com etiqueta; (c) faces organizadas por tag.

Além disso, a câmara da **viewport-3D** foi projetada e implementada para integrar-se perfeitamente com a disposição das faces. O foco pode passar da visão geral para a visão de uma face com um único movimento predefinido, iniciado por: clique do rato, atalho de teclado, gesto, comando de voz ou outros dispositivos. Os utilizadores também podem ter controle manual sobre a câmara para girar e visualização detalhada, como zoom in e out.



Na figura 3.9, (a) (b) mostram algumas posições pré-definidas da câmara; (c) mostra uma rotação predefinida para uma página em modo paisagem; (d) mostra uma posição rotacionada e ampliada manualmente para focar na “Tabela 1”.

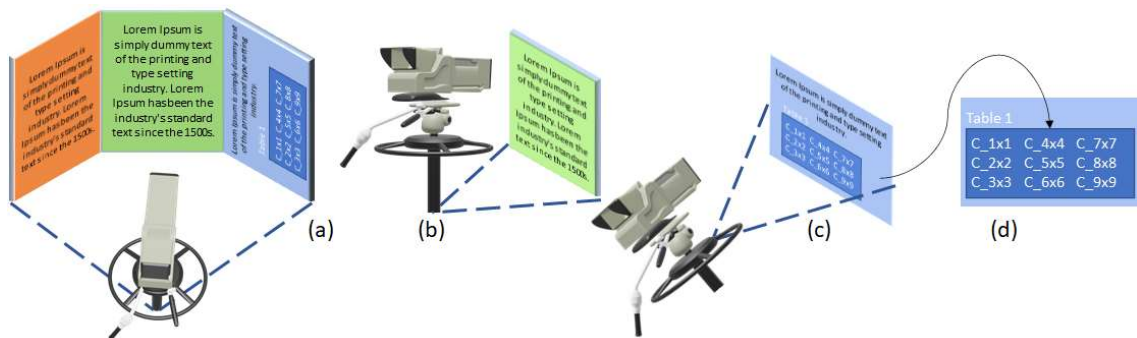


Figura 3.9. (a) visão geral, (b) visão de face única, (c) rotação, (d) zoom manual.

Acima da **WorkScene**, a camada **ShopWindow** exibe uma interface semelhante a uma janela de *desktop* para controle do ambiente, interação com a **WorkScene**, edição e tarefas de visualização sob demanda. Embora não se limite a imitar um *desktop* tradicional, os elementos contidos e o comportamento são semelhantes. Por fim, na figura 7, (a) mostra a posição da **ShopWindow** no modelo, enquanto (b) é uma captura do ecrã do protótipo explorando a uma visualização de “*depth and surface*” (Skinner, 2015).

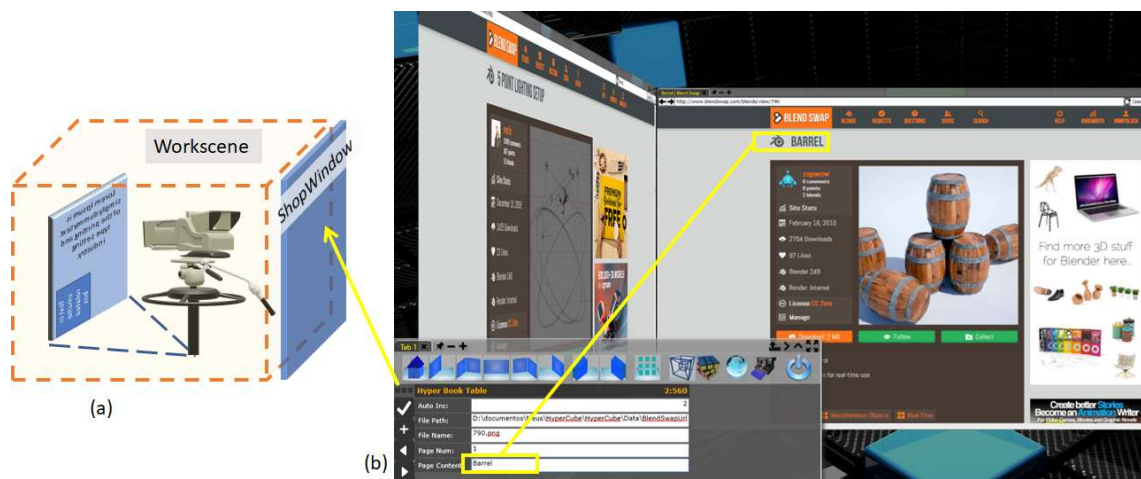


Figura 3.10. (a) camada da ShopWindow. (b) captura do ecrã da vista de profundidade e superfície.

### 3.5.1 DataAxis (Eixo de Dados)

Os sistemas operativos impedem que dois ou mais programas leiam e gravem simultaneamente um arquivo de dados, o que resultaria em erros de violação de

compartilhamento (PCMag, 2022). Sem essas regras, alguns dados seriam perdidos se o utilizador alterasse o arquivo de dados em dois programas, mas as alterações não fossem replicadas em ambos. A metáfora do *desktop* não considera questões arquiteturais, mas é diretamente afetada neste caso. Embora todos os aprimoramentos nos sistemas multitarefa, o problema limita a experiência do utilizador. Para que o compartilhamento de dados ajude a mudar o foco de ferramentas para tarefas, o sistema deve 1) permitir o carregamento de um arquivo de dados em vários programas; 2) permitir que vários utilizadores trabalhem nos mesmos dados; 3) trabalhar em ambientes isolados ou em rede; 4) rastrear automaticamente a alteração de dados para evitar perdas.

O **DataAxis** propõe combinar várias técnicas de compartilhamento de informações para evitar que limitações de intercomunicação reflitam na interface e o utilizador possa se concentrar em tarefas em vez de ferramentas, conforme recomendado por Moran (Moran, Thomas P., Zhai, 2007). Cada **WorkScene** recupera informações de diferentes fontes e as disponibiliza para as outras por meio do eixo de dados. Além disso, as **WorkScenes** notificam as modificações feitas nos dados usando um *daemon* de intercomunicação, para que as demais mantenham a versão atualizada dos dados.

A Figura 3.11 ilustra esse comportamento; primeiro, as **WorkScenes** um e dois carregam os dados originais em  $T_0$  (Tempo 0), então ambas fazem alterações em  $T_1$ . Por fim, o eixo de dados reflete as modificações em  $T_2$ . Apesar de sua semelhança com outras tecnologias, o **DataAxis** não é um aplicativo de banco de dados tradicional, pois o repositório é construído e gerenciado por demanda. Também é diferente de tecnologias de interoperabilidade, como *Dynamic Data Exchange* (DDE) e *Object Linking & Embedding* (OLE), pois os dados não são transferidos ou convertidos. Essencialmente, diferentes **WorkScenes** lidam com os mesmos dados de forma independente, e o eixo de dados acompanha as modificações, para que as alterações sejam refletidas e mantidas.

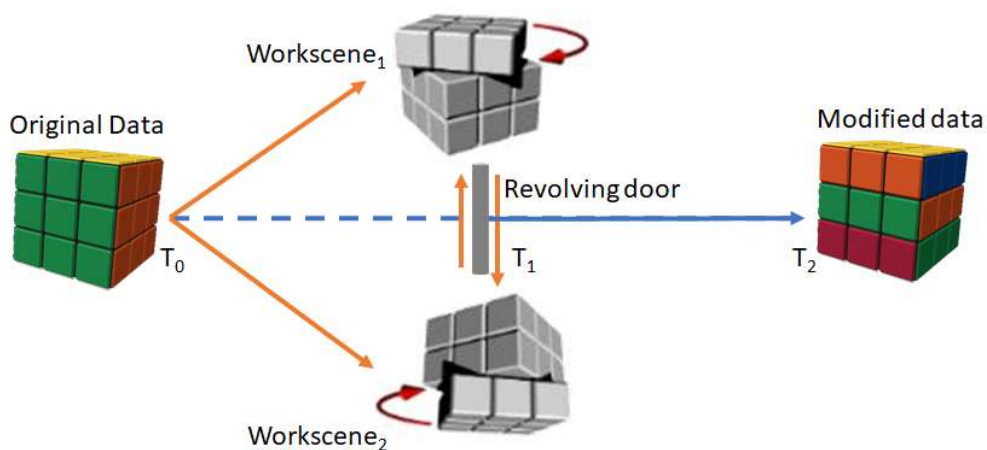


Figura 3.11. (T<sub>0</sub>) Dados na WorkScene. (T<sub>1</sub>) Dados modificados. (T<sub>2</sub>) eixo de dados reflete as modificações.

### 3.5.2 As Propriedades do Cubo Mágico

O professor de arquitetura Erno Rubik criou o cubo mágico para ensinar relações espaciais aos seus alunos (Duberg, D. & Tideström, 2015). O cubo possui  $11! \cdot 8! \cdot 212 \cdot 38 = 4,3 \cdot 10^{19}$  estados possíveis (Duberg, D. & Tideström, 2015). Mesmo assim, o recorde mundial de resolução é de 9,18 segundos estabelecido em 2008 (Pochmann, 2008). O objetivo do jogo de permutação mecânico é devolver as peças embaralhadas ao estado inicial. Em sistemas digitais, algoritmos de computador resolvem o jogo automaticamente. Assim, as propriedades exploráveis do cubo mágico são matemática e espacial. As propriedades matemáticas relacionadas a este trabalho são:

“Definição 1.1. um grupo  $G$  é um conjunto de pontos munido de uma operação,  $*$ , que relaciona cada par de elementos  $x$  e  $y$  tal que as seguintes propriedades sejam satisfeitas:

- (1) Fechamento:  $\forall x, y \in G, x * y = z \rightarrow z \in G$ .
- (2) Associatividade:  $\forall x, y, z \in G$ , temos  $x*(y*z) = (x*y)*z$ .
- (3) Identidade:  $\exists$  um elemento que  $e \in G$  tal que  $\forall x \in G, x*e = e*x = x$ .
- (4) Inversos:  $\forall x \in G, \exists x^{-1}$  tal que  $x*x^{-1} = e$ .

Definição 2.1. Uma permutação é um mapeamento inversível de um conjunto finito  $N$  sobre si mesmo. Um ciclo é um subconjunto de uma permutação na qual os elementos afetados,  $E$ , podem ser ordenados e cada elemento de  $E$  pode ser enviado para outro elemento de  $E$ . Por exemplo,  $(1\ 3\ 4\ 2)$  é um ciclo em que a permutação induz  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ .” (Provenza, 2009)

A **WorkScene** implementa essas propriedades da seguinte forma: 1) posições inversas – cada posição da face à esquerda tem uma inversa à direita. Assim, se o utilizador quiser ler um livro da direita para a esquerda, por exemplo, basta inverter a disposição das páginas (por exemplo, um livro de ocorrências – para analisar da mais recente à mais antiga). 2) movimentos inversos – cada movimento (X) de câmara ou face tem um movimento inverso ( $X^{-1}$ ) que o cancela:  $P_1 * X = P_2$ ,  $P_2 * X^{-1} = P_1$ . 3) simetria – a face central é a de número zero, as faces à esquerda começam em -1, e as à direita em 1. 4) A reordenação é uma operação que envia a face F para a posição P. 5) Resolver o cubo – O arranjo gerado no carregamento dos arquivos é a resolução do cubo. Os utilizadores podem criar outras soluções para mudar rapidamente de um arranjo para outro. 6) Camadas – Uma vez que o cubo é divisível em camadas, o **WorkScene** pode agrupar conjuntos de faces como parte 2 do mantra de Shneiderman, “Filtro e zoom”.

### 3.5.3 Eixo da Última Camada

O “método Fridrich” ou CFOP é o mais popular e usado em competições para resolver manualmente o cubo mágico. Sua estratégia é resolver o cubo em 4 etapas: Cruz, as duas primeiras camadas (F2L), a orientação da última camada (OLL) e a permutação da última camada (PLL) (Pochmann, 2008). Tomando OLL e PLL como inspiração, a janela da **ShopWindow** aproveita técnicas de permutação, conforme ilustrado na figura 3.12:

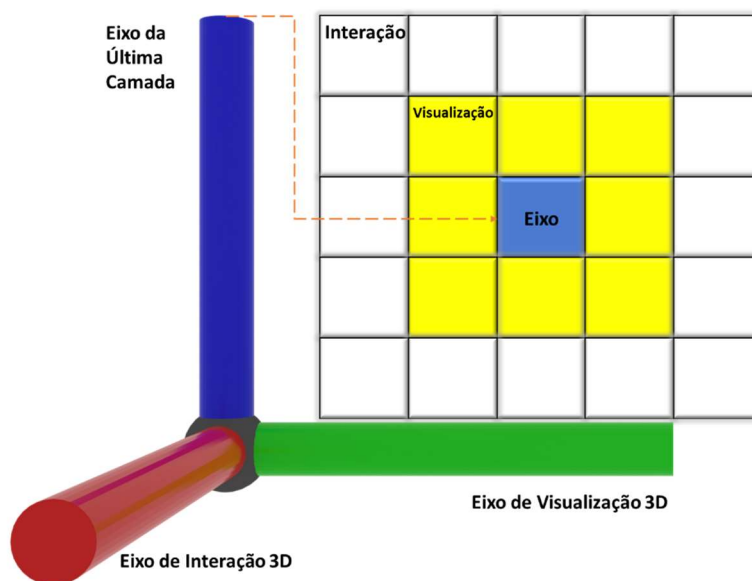


Figura 3.12. Técnicas de permutação na ShopWindow.

Suponha um paralelo entre os elementos da janela e um cubo mágico. O anel externo (branco) é para barras de menus, barras de ferramentas, barras de status e outros elementos interativos. Em contraste, o anel interno (amarelo) seria para visualização de informações, enquanto o cubo central (azul) é o eixo central de ambos. Essa abordagem permite que o utilizador otimize o uso do ecrã escolhendo a disposição que melhor se adaptar às suas necessidades. Além disso, o **HyperAnalyzer** usa técnicas de permutação de visualização para explorar os dados, conforme discutido abaixo neste capítulo.

### 3.6 Leitura e Visualização da Informação através de WorkScenes

As propostas de LnE e InfoVis do modelo **HyperCube** partem do mesmo princípio da interação: explorar as relações espaciais para reduzir a carga cognitiva e aumentar o aprendizado e a produtividade. Três aplicativos foram criados para examinar particularidades de cada tipo de visualização, com base no número de dimensões que cada um trata 1) **HyperBook** lida com texto discursivo, texto não estruturado, imagens e quaisquer dados interpretados sequencialmente, que são considerados dados unidimensionais; 2) **HyperRelational** – para folhas de cálculo e dados relacionais, considerados dados 2D e 3D; e 3) **HyperAnalyzer** – dados multidimensionais.

A hipótese foi testada mapeando a relação entre as informações com as dimensões espaciais e representando-as como formas geométricas. Em seguida, as propriedades das formas geométricas foram comparadas com as dimensões de informações mapeadas para testar se havia uma correspondência explorável. Por exemplo, como o nome sugere, um conjunto de dados multidimensional já é tratado como um cubo n-dimensional desdobrado em um plano cartesiano.

Conforme demonstrado anteriormente, a **visualização geométrica** parte desse dilema: dependendo da situação, o utilizador precisa de uma visão desdobrada, mesmo perdendo relações espaciais (ver figura 3.5). No entanto, em outros casos, as relações espaciais fazem parte da compreensão da informação. Portanto, uma vez que não há maneira única de lidar com isso, **HyperBook**, **HyperRelational** e **HyperAnalyzer** oferecem opções para alternar facilmente de uma para outra ou manter visualizações em planos paralelos.

### 3.6.1 HyperBook

O **HyperBook** é a **WorkScene** mais simples porque não lida com nenhuma “relação de informação mapeável para dimensões”, exibindo dados como texto literário eferente e estético, infográficos e imagens. Além disso, conforme discutido no capítulo 2, a interpretação da informação deve ser linear, sequencial ou seguir um caminho desenhado pelo autor ou pelo utilizador. Uma vez que não há como acelerar a cognição usando uma abordagem dimensional, o **HyperBook** os trata como formas unidimensionais.

Aqui, o grande desafio é emular o “acesso aleatório” para atingir objetivos como agilizar a análise das informações, permitir a comparação lado a lado e mesclar conteúdos. Presume-se que documentos formatados como DOC, DOCX, ODS, PDF sejam divididos em páginas, mas, na verdade, a divisão ocorre apenas na versão impressa. Quando visualizados no ecrã, eles se comportam como “pergaminhos egípcios”, pois o acesso às páginas deve obedecer ao fluxo sequencial do documento. Ao contrário, o **HyperBook** divide os documentos em páginas; para agrupar/reordenar, analisar/comparar informações não sequenciais lado a lado no ecrã. Assim, esta **WorkScene** aproveita as metáforas do **bindery** e identificadores ilustradas na figura 3.8 e movimentos de câmara predefinidos ilustrados na figura 3.9.

#### Rolagem e Ampliação Virtual do Ecrã

Em um documento do mundo real, os leitores não têm limitações como “porção do ecrã” e usam os dedos para marcar a posição de leitura antes de mover a página. No entanto, quando os leitores abrem um documento no formato A4 com orientação “retrato” em um leitor de *e-book*, como a orientação do ecrã e da página são diferentes, surgem alguns problemas: 1) é necessário rolar a página; 2) a parte visível do documento é limitada; e 3) os leitores devem fixar o olhar na página em movimento para manter a posição de leitura.

As limitações impostas à parte visível dos documentos levam a ajustes de zoom e rolagem que forçam os leitores a olhar para a página em movimento. Considerando que os métodos tradicionais de rolagem, como a rotação da roda do rato ou o arrastar da barra de rolagem, não são suficientemente precisos, essa é a única maneira de acompanhar a posição de



leitura. Como resultado, a carga cognitiva associada a esses aspectos impacta na produtividade, imersão, prazer e absorção da leitura.

O **HyperBook** implementa algumas técnicas para lidar com esses problemas, visando reduzir a carga cognitiva da LnE: rolagem mais suave e inclinação da página. No primeiro, a área de rolagem avança em etapas em um tempo fixo para que o leitor possa prever a posição de leitura sem olhar para a página. No último, ao inclinar a página, é possível ampliar a parte visível do documento, ampliar o contexto e reduzir a área de rolagem. Por exemplo, a figura 3.13 mostra como a inclinação de 45° resulta em 41,42% de aumento da altura virtual, fazendo com que um ecrã de 18" imite um de 20".

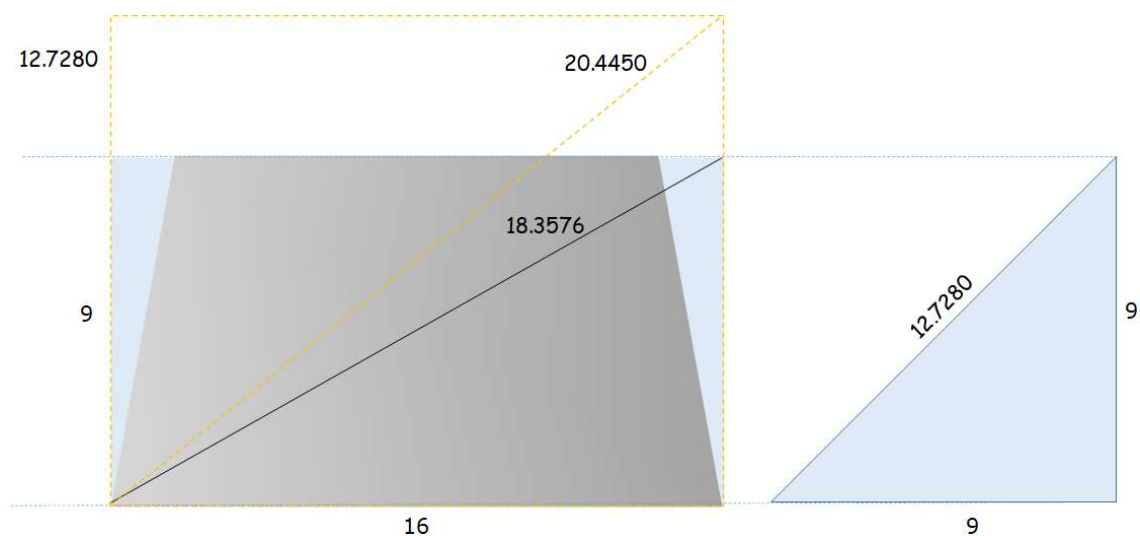


Figura 3.13. Inclinação da página.

A medida comercial de um ecrã 16:9 é 18,3576. A inclinação da altura em 45° gera um triângulo retângulo isósceles. A altura aumentada é a hipotenusa, então:  $9 * \sqrt{2} = 9 * 1,414221$ . O ecrã virtual é 16:12,7280. A medida comercial seria:  $\sqrt{(16^2 + 12,728^2)} = \sqrt{(256 + 162,0019)} = \sqrt{(418,0019)} = 20,445$ . A obtenção da ampliação máxima com melhor legibilidade requer a combinação de técnicas de inclinação e rolagem, conforme proposto:

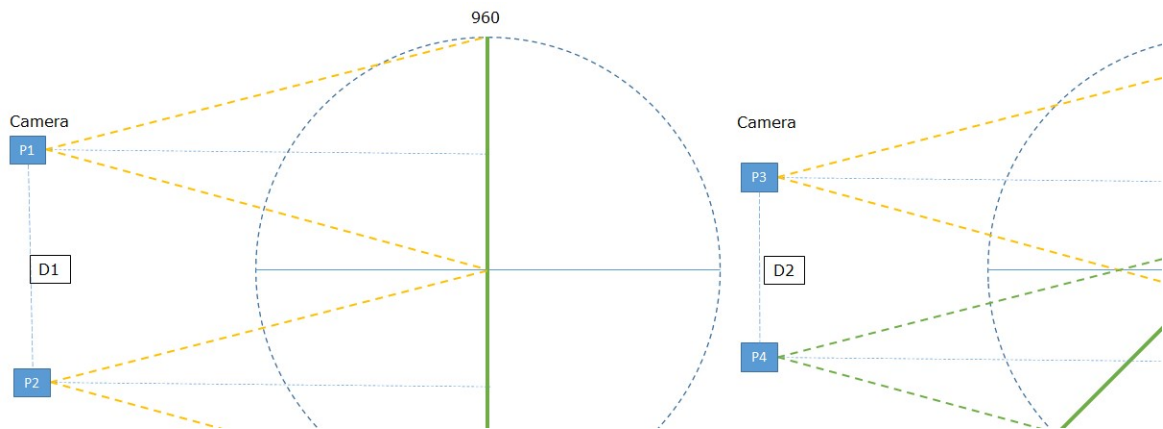


Figura 3.14. Ampliação da página.

A Figura 3.14(a) mostra uma página sem inclinação. A câmara mostra a metade superior da página (P1). A distância entre P1 e P2 é metade da página, ou seja, se uma página tiver 1920 de altura, a câmara deve rolar 960. Se a página inclinar  $45^{\circ}$ , ela reduz a rolagem, mas a câmara fica muito longe do topo da página, provocando distorção. Para reduzir a distorção e ampliar a área visível da página, é necessário usar uma pequena inclinação quando a câmara estiver em cima ( $15^{\circ}$ ), conforme mostrado na Figura 3.14(b) P3. A Figura 3.14(b) P4 mostra que a inclinação aumenta à medida que a câmara rola para baixo (até  $45^{\circ}$ ). A parte central da página é visível nas posições P3 e P4 da câmara, facilitando a regressão da leitura, se necessário. Os ângulos de início/fim e o número de passos para percorrer a página são ajustáveis.

### 3.6.2 HyperRelational

As folhas de cálculo expõem dados em linhas e colunas. Portanto, trata-se de um objeto plano<sup>8</sup> porque os dados nas células dependem de um “cabeçalho de linha” (ou seja, uma chave primária) e um cabeçalho de coluna para serem significativos. A conexão entre duas tabelas (por exemplo, através de um comando *join*) imita a figura 3.5(a), uma vez que os dados de ambas as tabelas estão disponíveis no mesmo plano. Em contraste, a disposição mestre/detalhe imita a figura 3.5(b), pois mantém as informações de cada tabela em planos diferentes. Assim, os dados organizados conforme o modelo entidade-relacionamento são

<sup>8</sup> Em português brasileiro as folhas de cálculo são chamadas de planilhas.

um cubo 3D. Em contrapartida, também é necessário lidar com metadados para descobrir novas formas de juntar informações ao longo da coleção.

O **HyperRelational** trata dados estruturados em diversos formatos, como RDMS<sup>9</sup> proprietário, CSV, XML e JSON. O objetivo é fornecer opções de exploração de dados e metadados extraídas de propriedades de visualização geométrica, conforme a figura 3.15:

CódigoDoCliente	NomeDaEmpresa	NomeDoContato	CargoDoContato	Endereço	Cidade	Região	CEP	País	Telefone	Fax
ALFKI	Alfreds Futterkiste	Maria Anders	Representante de Vendas	Obere Str. 57	Berlin		12209	Alemanha	030-0074321	030-0076545
ANATR	Ana Trujillo Emparedados y helados	Ana Trujillo	Proprietário	Avda. de la Constitución 2222	México D.F.		05021	México	(5) 555-4729	(5) 555-3745
ANTON	Antonio Moreno Taquería	Antonio Moreno	Proprietário	Mataderos 2312	México D.F.		05023	México	(5) 555-3932	
AROUT	Around the Horn	Thomas Hardy	Representante de Vendas	120 Hanover Sq.	London		WA1 1DP	Reino Unido	(171) 555-7788	(171) 555-6750
BERGS	Berglunds snabbköp	Christina Berglund	Administrador de Pedidos	Berguvsvägen 8	Luleå		S-958 22	Suécia	0921-12 34 65	0921-12 34 67

Clientes		Pedidos		Detalhes do Pedido	
✓	CódigoDoClient: BERGS	✓	NúmeroDoPedi: 10278		
+	NomeDaEmpre: Berglunds snabbköp	+	CódigoDoFunci: 8		
▶	NomeDoContat: Christina Berglund	▶	DataDeEntrega: 12/08/1996 00:00:00		
▶	CargoDoContat: Administrador de Pedidos	▶	DataDeEnvio: 09/09/1996 00:00:00		
▶	Endereço: Berguvsvägen 8	▶	Via: 2		
▶	Cidade: Luleå	▶	Frete: 92,69		
▶	Região:	▶	NomeDoDestin: Berglunds snabbköp		
▶	CEP: S-958 22	▶	EndereçoDoDe: Berguvsvägen 8		
▶	País: Suécia	▶	CidadeDeDestin: Luleå		
▶	Telefone: 0921-12 34 65	▶	RegiãoDeDestin:		
▶	Fax: 0921-12 34 67	▶	CEPDeDestino: S-958 22		
		▶	PaísDeDestino: Suécia		

CódigoDoProduto	PreçoUnitário	Quantidade	Desconto
44	15,50	16	0,00
59	44,00	15	0,00
63	35,10	8	0,00
73	12,00	25	0,00

Figura 3.15. uma tabela em visão de grade e formulário mestre/detalhe.

Na figura 3.15, a visualização da grade em segundo plano é uma “visão geral” da tabela, enquanto, em primeiro plano, “tab1” exibe um formulário mestre/detalhe. Se o utilizador clicar em uma linha no primeiro detalhe, outro formulário aparecerá até alcançar a tabela mais interna. Em outra aba, ou seja, tab2, o utilizador manteria os metadados da tabela principal. O **HyperRelational** cria os formulários dinamicamente. O formulário mestre usa o estilo de uma coluna, mas o utilizador pode alterar o número de colunas. Se a tabela tiver mais de uma relação, cada “grade de detalhes” ocupará uma aba diferente.

### 3.6.3 HyperAnalyzer

Suponha que um conjunto de dados seja composto por três colunas, duas delas “agrupáveis” (ou seja, uma coluna em que GROUP BY é aplicável) e uma “agregável” (ou seja, usada em funções SUM, COUNT, AVG na SELECT de uma cláusula SQL). Este conjunto

<sup>9</sup> Relational Data Management System

de dados seria explorado como o cubo 3D na figura 3.5(b). Em contraste, a visualização OLAP tradicional trata esses conjuntos de dados como cubos desdobrados, conforme mostrado na figura 3.5(a), ou seja, entendimento prejudicado pela perda de relações espaciais. Adicionar colunas “agrupáveis” e “agregáveis” ao conjunto de dados se transforma em um conjunto de dados multidimensional. Eles se comportam como tesseractos desdobrados (figura 3.5(c)) quando os utilizadores analisam cada conjunto de dados em sequência. Em contraste, combinar o conjunto de dados para visualizações simultâneas mapeia para a figura 3.5(d).

O **HyperAnalyzer** lida com essas questões oferecendo formas complementares de visualização das informações, integrando propostas de interação e o mantra de Shneiderman para permitir que o utilizador escolha a estratégia de visualização que melhor se adapta às suas necessidades. Primeiro, o utilizador prepara os dados delimitando o número de colunas, transpondo, adicionando cálculos personalizados, gerando gráficos e criando novas faces com esses dados transformados. Em seguida, o utilizador faria uma sequência (por exemplo, para uma apresentação de slides), compararia lado a lado, usaria a técnica de “*depth and surface*” e assim por diante.

A Figura 3.16 mostra um conjunto de dados de 3 colunas na visualização padrão inicial: (a) contém uma tabela de resumo e um gráfico de pizza gerados por rótulo de coluna e total da coluna; (b) uma tabela de resumo e gráfico de barras gerado por rótulo de linha e total de linha; (c) a tabela inteira dividida em duas faces.

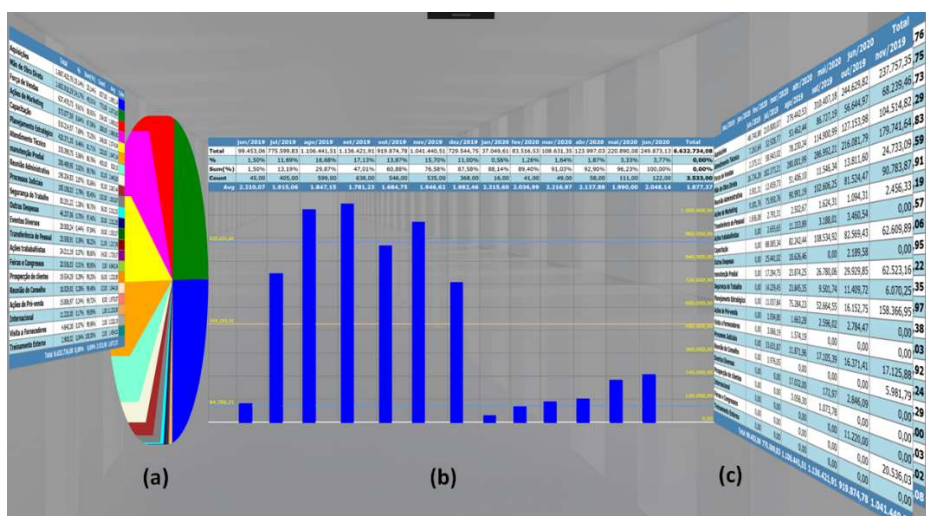


Figura 3.16. (a) tabela resumo e gráfico de pizza; (b) tabela resumo e gráfico de barras; (c) tabela dividida em faces

Conforme mostrado na figura 3.17, o relatório de cubo dividido colocado em uma visualização lado a lado destaca “colunas externas”. Assim, as colunas externas geram o gráfico de pizza na figura 3.16(a). Aplicando os mesmos critérios para linhas, temos o gráfico de barras da figura 3.16(b). Portanto, as linhas e colunas externas são a “Visão Geral” e devem aparecer primeiro.

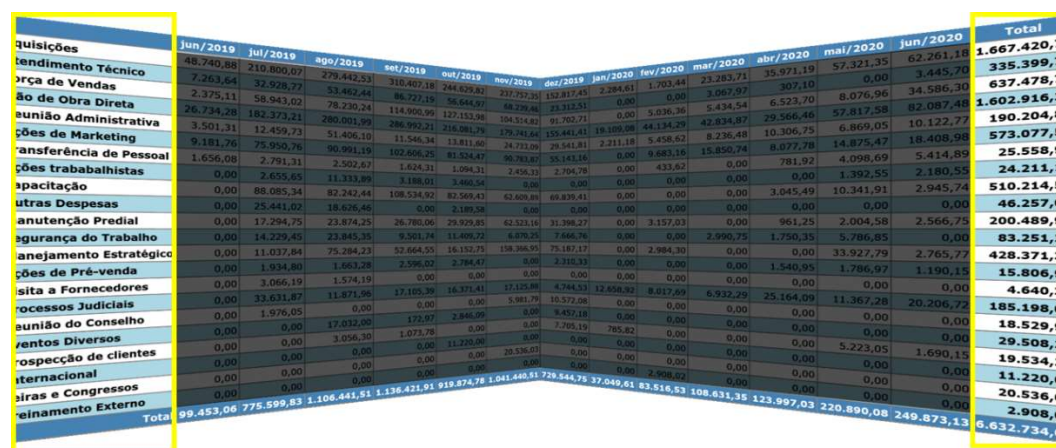


Figura 3.17. a tabela completa em uma visão lado a lado

A escolha de um gráfico de pizza para colunas e um gráfico de barras para linhas foi apenas uma preferência pessoal. O gráfico de pizza destaca a participação de cada coluna no resultado, ou seja, trata as colunas como categorias. No entanto, os dados de linha são temporais e o gráfico de barras ilustra como os números mudam ao longo do tempo. No entanto, alguém pode considerar o oposto como uma abordagem melhor: um gráfico de pizza para indicar o progresso ao longo do tempo e um gráfico de barras para comparar a participação nas categorias. Caso contrário, usar o mesmo tipo de gráfico facilita a comparação de dados de linha e coluna. Todos esses cenários são facilmente alcançados substituindo o conteúdo das faces ou criando faces.

A partir dos *insights* fornecidos pelas faces de visão geral, é possível gerar visualizações segmentadas como “*zoom and filter*”. Por exemplo, na figura 3.18, (a) mostra uma revisão trimestral (linhas), enquanto (b) mostra três categorias selecionadas. Os cálculos são feitos apenas para o conjunto de dados selecionado.



	jan/2020	fev/2020	mar/2020	Total	%	Sum(%)	Count	Avg		Aquisições	Atendimento Técnico	Força de Vendas	Total	%	Sum(%)	Count	Avg
Aquisições	2.284,61	1.703,44	23.283,71	27.271,76	11,90%	11,90%	10,00	2.727,18	jun/2019	48.740,88	7.263,64	2.375,11	58.379,63	2,21%	2,21%	29,00	2.013,09
Atendimento Técnico	0,00	0,00	3.067,97	3.067,97	1,34%	13,24%	1,00	3.067,97	jul/2019	210.800,07	32.928,77	58.943,02	302.671,86	11,46%	13,67%	185,00	1.636,06
Força de Vendas	0,00	5.036,36	5.434,34	10.470,70	4,57%	17,81%	4,00	2.617,73	ago/2019	279.442,53	53.462,44	78.230,24	411.135,21	15,57%	29,25%	257,00	1.599,75
Mão de obra Direta	19.199,08	641.242,29	42.834,87	166.076,24	60,28%	64,09%	53,00	2.091,48	set/2019	310.407,18	86.727,19	114.900,99	512.035,36	19,39%	48,64%	331,00	1.546,93
Reunião Administrativa	2.211,18	5.458,62	8.236,48	15.906,28	6,94%	71,03%	8,00	1.988,29	out/2019	244.629,82	56.644,97	127.153,98	428.428,77	16,23%	64,87%	276,00	1.552,28
Ações de Marketing	0,00	9.683,16	15.850,74	25.533,90	11,14%	82,17%	11,00	2.321,26	nov/2019	237.757,35	68.239,46	104.514,82	410.511,63	15,55%	80,41%	242,00	1.696,33
Transferência de Pessoal	0,00	433,62	0,00	433,62	0,19%	82,30%	1,00	433,62	dez/2019	152.817,45	23.312,51	91.702,71	267.832,67	10,14%	90,56%	139,00	1.926,85
Ações trabalhistas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	82,36%	0,00	0,00	jan/2020	2.284,61	0,00	0,00	2.284,61	0,09%	90,64%	1,00	2.284,61
Capacitação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	82,36%	0,00	0,00	fev/2020	1.703,44	0,00	5.036,36	6.739,80	0,26%	90,90%	3,00	2.246,60
Outras Despesas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	82,36%	0,00	0,00	mar/2020	23.283,71	3.067,97	5.434,34	31.786,22	1,20%	92,10%	11,00	2.889,66
manutenção Predial	0,00	3.157,03	0,00	3.157,03	1,36%	83,74%	1,00	3.157,03	abr/2020	35.971,19	307,10	6.523,70	42.801,99	1,62%	93,72%	21,00	2.038,19
Segurança do Trabalho	0,00	0,00	2.984,30	2.984,30	1,30%	86,34%	1,00	2.984,30	mai/2020	57.321,35	0,00	8.076,96	65.398,31	2,48%	96,20%	33,00	1.981,77
Planejamento Estratégico	0,00	2.984,30	0,00	2.984,30	1,30%	86,34%	1,00	2.984,30	jun/2020	62.261,18	3.445,70	34.586,30	100.293,18	3,80%	100,00%	48,00	2.089,44
Ações de Pré-venda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	86,34%	0,00	0,00	Total	1.667.420,76	335.399,75	637.478,73	2.640.299,24	0,00%	0,00%	1.576,00	1.675,32
Visita a Fornecedores	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	86,34%	0,00	0,00									
Processos Judiciais	12.658,92	8.017,69	6.932,29	27.608,90	12,05%	98,39%	12,00	2.306,74									
Reunião do Conselho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	98,39%	0,00	0,00									
Eventos Diversos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	98,39%	0,00	0,00									
Prospecção de clientes	785,82	0,00	0,00	785,82	0,34%	98,73%	1,00	785,82									
Internacional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	98,73%	0,00	0,00									
Feiras e Congressos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	98,73%	0,00	0,00									
Treinamento Externo	0,00	2.908,02	0,00	2.908,02	1,27%	100,00%	2,00	1.454,01									
Total	37.649,63	1.351,83	158.611,53	27.271,76	0,00%	0,00%	10,00	3.183,24									

(a)

(b)

Figura 3.18. (a) Filtro por revisão trimestral (b) Filtro por categoria.

### 3.6.4 Mundos Possíveis

Os autores consultados concordam que as metáforas devem se basear em algo conhecido pelo utilizador. No entanto, o modelo **HyperCube** quebra essa visão ao propor o tesseracto como seu elemento central. Trata-se de uma forma hipotética, ou seja, não existe no mundo real e, portanto, pouco conhecida. Além disso, algoritmos computacionais fazem o papel da dimensão ausente para que a imitação 4D se torne realidade.

Portanto, dentre outras contribuições do modelo **HyperCube** para a construção do metaverso, mostramos que é possível utilizar elementos metafóricos não convencionais baseado em lógica modal. O mundo digital pode implementar algoritmos computacionais simulando os atributos de conceitos sem paralelo no mundo real, como foi feito com o tesseracto. Dessa forma, o utilizador não precisa ter familiaridade com o objeto ou domínio teórico do conceito.

Em vez disso, desenvolvedores e utilizadores utilizam perguntas do tipo “e se” de lógica modal. Os primeiros para expandir as funcionalidades do aplicativo, os últimos para conjecturar como utilizar estas funcionalidades para solucionar problemas cotidianos. Por fim, esta proposta se assemelha, de alguma forma com o conceito de *easter egg*, muito comum nos jogos de computador. Neste sentido, a aprendizagem seria auxiliada por intuição em um nível muito maior do que temos hoje.



### 3.7 Discussão e Considerações Finais do Capítulo 3

O modelo do **HyperCube** é uma proposta de interação 4D, Leitura No Ecrã (LnE), Visualização de Informações (InfoVis) e gerenciamento de **WorkScenes**. Além disso, é um conceito independente de dispositivo, que usa hardware, técnicas de interação, e dispositivos modernos para melhorar a experiência do utilizador. Cada **WorkScene** explora novas maneiras de ler, representar, comparar, combinar, contextualizar, interagir e visualizar dados para que os utilizadores alcancem a visualização que melhor se adapta aos seus propósitos. Além disso, as metáforas priorizam aqueles que lidam com tipos complexos de usos, grandes quantidades de dados e novas soluções para problemas cotidianos.

A proposta surge quando cresce a oferta de recursos tecnológicos e cresce ainda mais a quantidade e a complexidade das informações que as pessoas precisam lidar. Além disso, na apresentação da *Connect Conference* anual da empresa, Zuckerberg afirmou os objetivos de construir uma nova versão da Internet baseada no metaverso. Como resultado, a empresa foi renomeada para Meta (Milmo, 2021). Na sequência, Bill Gates afirmou que o metaverso será a plataforma das reuniões de escritório em dois ou três anos (Huddleston, 2021). Esses anúncios podem acelerar a adoção da realidade virtual pelas *BigTechs* e criar oportunidades para o modelo **HyperCube**.

Considerando os sistemas baseados na metáfora do *desktop* como Planolândia (Herman, 2008), ou seja, um mundo plano com o qual as pessoas interagem, IPC seria a interação de mundos com diferentes dimensões. No início, a área de trabalho parece simples, porém, torna-se confusa quando coberta de janelas. Na verdade, em um sistema baseado nesta metáfora, as janelas se sobrepõem. *Tilling* e pilha são as ferramentas para organizar automaticamente o *desktop*. Essa abordagem funciona bem para poucas janelas, mas se torna confusa quando muitas estão abertas (Zeidler et al., 2013). Outro problema é que a organização espacial é perdida quando uma janela é ativada porque ela vai para o topo da pilha. Assim, o utilizador não pode contar com a memória espacial ao alternar entre os aplicativos.

Além disso, as questões estruturais da metáfora da área de trabalho limitam a oferta de novas soluções. Por exemplo, muitas técnicas introduzidas aqui seriam demoradas, demandariam experiência avançada, ou até mesmo impossíveis em sistemas baseados na metáfora do *desktop*. Além da falta da terceira dimensão e das limitações da metáfora, recursos para visualização paralela e apelo imersivo são limitados, mesmo em softwares de apresentação. Outro exemplo, editar/visualizar um arquivo em muitas aplicações necessita de recursos como o **DataAxis** proposto. Além disso, a leitura de vários arquivos no mesmo ambiente, conforme mostrado na figura 3.8, não é possível sem um **bindery**.

Adicionalmente, a segunda dimensão de Moran afirma: “a metáfora limita a forma de apresentar a informação” (Moran, Thomas P., Zhai, 2007). Se, por um lado, a metáfora da área de trabalho foi projetada para suportar um ambiente mais simples, por outro, a implementação literal de qualquer metáfora imporá suas limitações na interface. Nas palavras de Johnson: “A metáfora do *desktop* tem tantas limitações e pontos cegos conceituais quanto seus predecessores de linha de comando. A diferença é que essas restrições resultam de uma fidelidade excessiva à própria metáfora original” (Johnson, 2001). Neste sentido, o modelo rompe com tais paradigmas ao propor metáforas baseadas em uma figura geométrica hipotética, o tesseracto, ou seja, a figura é escolhida por atributos que precisam ser implementados como algoritmo em um mundo (possível) digital e não por sua familiaridade com o utilizador ou atributos conhecidos do mundo real.

Por outro lado, uma *viewport-3D* parece mais natural para o cérebro humano (Klein & Bulla, 2010), mas não é uma réplica perfeita do mundo real. É por isso que as propriedades geométricas do tesseracto, as propriedades imersivas da RV, metáforas e algoritmos são combinadas para permitir uma experiência de “mundo paralelo da informação” ao utilizador. Portanto, a ideia é criar uma abordagem narrativa (*storytelling*) para que as pessoas sintam vontade de viajar por um mundo onde tudo atua para ajudá-las na facilidade de aprendizado, uso, foco, produtividade e diversão. Assim, a proposta se alinha ao metaverso no sentido não só de ir “além do *desktop*”, mas “além do mundo real”.

Por fim, a abordagem baseada em mundos possíveis do modelo **HyperCube** abre espaço para a Computação Centrada na Pessoa (CCP) aprimorada porque aproveita as habilidades

humanas naturais, como cognição espacial, organização e memória para explorar melhor a RV e responder a quatro dos grandes desafios de Stephanidis: 1) Simbiose Pessoa-Tecnologia; 2) Interações Pessoa-Ambiente; 3) Acessibilidade e Acesso Universal; 4) Aprendizagem e Criatividade (Stephanidis et al., 2019), bem como aos desafios de Shneiderman 1) Promover a aprendizagem ao longo da vida; 2) estimular a aprendizagem rápida da interface e Acelerar a clareza analítica (Shneiderman et al., 2016).

A quarta dimensão adiciona um grau extra de liberdade para alternar rapidamente as **WorkScenes** e permite uma visão panorâmica das que estão abertas (figura 3.6b). Combinado com o eixo de dados, as informações podem “viajar” pelas **WorkScenes** sem a necessidade de carregar e descarregar o arquivo em cada uma. Assim, como mostrado na Figura 3.1, a **HyperCubeScene** reordena as **WorkScenes** da mesma forma que uma **WorkScene** reordena suas faces (figura 3.8). O utilizador pode estabelecer uma sequência para as faces como inicial ou resolvida. Enquanto trabalham, os utilizadores reordenam as faces para realizar tarefas. No final, basta pressionar um único botão e as faces retornam à posição inicial/resolvida, como se fosse em um cubo mágico.

Além disso, as **WorkScenes** compartilham recursos que transcendem os atributos inerentes à RV, com o objetivo de ultrapassar as limitações da metáfora do *desktop* para fornecer maneiras mais eficientes de organizar as informações e otimizar o uso do ecrã, reduzindo as necessidades de organização e facilitando o fluxo, a imersão e a excitação (Kiili et al., 2012). Consequentemente, mesmo utilizadores inexperientes alcançam resultados novos e melhores. Por exemplo, a divisão teórica do ecrã na “dimensão z” em três camadas permite que qualquer **WorkScene** use efeitos de transição em apresentações. Está se tornando comum compartilhar o ecrã em reuniões e apresentações online ou gravar o ecrã para criar um vídeo. O **HyperCube4X** aproveita essa tendência implementando um primeiro plano e um plano de fundo prontos para transições e animação usando as camadas **BackCurtain** e **ShopWindow**.

Dentro da **WorkScene**, a câmara e o **bindery** reproduzem metaforicamente a maneira como as pessoas leem um livro e representam as principais operações que os utilizadores devem dominar (Brath, 2014). A **ShopWindow** reproduz alguns comportamentos da

metáfora da área de trabalho e, uma vez que estão em planos diferentes, podem ser combinados. As técnicas de “*depth and surface*” (figura 3.10) permitem visualizar uma **WorkScene** e editar os dados de outra já que ela está acima da câmara (figura 3.1). Essas propostas podem levar a um melhor uso dos ecrãs *widescreen*, reduzindo a carga cognitiva e focando em processos (Anderson et al., 2018). Se os utilizadores precisam se concentrar em uma tarefa na **ShopWindow**, eles podem “fechar as cortinas” para se concentrar.

Em muitas **WorkScenes**, a **BackCurtain** é uma imagem estática semelhante ao papel de parede de sistemas tradicionais. Dependendo da história que o utilizador pretende contar, a **BackCurtain** pode ser usada para ambientação e contextualização, fortalecendo a narrativa de apresentações e auxiliando na imersão. É difícil alcançar este resultado mesmo em software específico de apresentação. Além disso, a **ShopWindow** ajuda a interagir tanto com a apresentação quanto com o público em paralelo. Por outro lado, o recurso “sempre no topo” dos sistemas de *desktop* tradicionais seria uma versão limitada da camada **ShopWindow**, enquanto o papel de parede não pode assumir o papel da camada **BackCurtain**, por que não há como controlar sua exposição.

A abordagem de interação do modelo do **HyperCube** se encaixa no mantra de visualização de Shneiderman, fornecendo uma “visão geral primeiro, filtro e zoom depois, seguidos por detalhes sob demanda” (Geiselman et al., 2021). Ao gerenciar as **WorkScenes**, primeiro, a câmara pode alternar rapidamente de uma visão panorâmica de todas as **WorkScenes** carregadas para uma visão geral de faces de uma delas em particular. Em seguida, o utilizador escolhe uma face específica e visualiza suas informações detalhadas (figura 3.9 a-d), preservando a organização espacial e eliminando a necessidade de minimizar, maximizar e redimensionar janelas. Observe que, uma vez que os sistemas baseados na metáfora do *desktop* não contam com uma câmara, cada aplicativo deve fornecer soluções proprietárias para zoom e rotação.

Em outra perspectiva, explorar o efeito “*depth and surface*” também cria uma dinâmica paralela para o mantra de Shneiderman. Primeiro, os leitores abrem o sumário de um livro (documento) na **ShopWindow** e escolhem uma página, que se torna a face atual na camada intermediária. Em seguida, um exame superficial permite a atribuição de uma etiqueta

(tag) de cor. Após repetir essas etapas algumas vezes, é possível agrupar as páginas por tag, uma nova forma de filtragem que não existe no *desktop* tradicional ou em iniciativas detalhadas na revisão de literatura. Por fim, a ativação do “*page enlargement*” auxilia na leitura detalhada (ou seja, detalhes sob demanda). Como demonstraremos no capítulo 4, esse conjunto abrangente de recursos é explorado em casos de uso reais. Em contraste, é difícil para sistemas baseados na metáfora do *desktop* alcançarem esse resultado.

Os sistemas de visualização tradicionais são orientados à “visualização única”, ou seja, tentam desenvolver a melhor estratégia de visualização possível, esperando que ela atenda à maioria dos utilizadores. As **WorkScenes** usam uma abordagem diferente. Exploram os limites de cada tipo de representação da informação com base na proposta de **visualização geométrica** para criar um número maior de visualizações. Então, essas possibilidades se ligam umas às outras como em um jogo de permutação. Finalmente, a “*comparação lado a lado*”, “*depth and surface*”, fisiologia cognitiva, Mantra de Visualização de Shneiderman e as recomendações do “processo de interação de informações de Tom” (Toms, 2002) ajudam a validar as visualizações.

Em uma exploração típica de dados no **HyperRelational** o utilizador inicia escolhendo uma ou mais tabelas e carregando-as como faces (visão geral). Em seguida, monta formulários dinâmicos na **ShopWindow** (*zoom-and-filter*). Por fim, é possível explorar os dados relacionados ao registo escolhido em tabelas relacionadas (detalhe sob demanda). Essa abordagem facilitaria a exploração de dados, mesmo para utilizadores não técnicos. Portanto, o **HyperRelational** é orientado a aplicações do tipo *data lake* e semelhantes. Em outro cenário, os utilizadores precisariam explorar a mesma tabela com filtros diferentes. Aqui, cada filtro ocupa uma face em uma comparação “lado a lado”.

O **HyperAnalyzer** lida com conjuntos de dados multidimensionais como um tesseracto desdobrado em um conjunto de “sub-cubos” tridimensionais (Lamani et al., 2019). Sendo assim, os utilizadores podem acoplar ou dividir os dados para atingir o nível de detalhamento desejado para a análise tomando uma forma geométrica como referência. Portanto, é aplicável na visualização geral de *BigData*, mas os aplicativos de *fast data* e *thick data* também podem tirar vantagem dessa ferramenta.

O aspeto hierárquico dos formulários dinâmicos mantém relações espaciais enquanto maximiza a visibilidade da informação para dados em “*zoom-and-filter*”. O **HyperAnalyzer** também compartilha esses recursos, criando uma maneira dinâmica de explorar dados multidimensionais do total global de linhas e colunas. Em seguida, o utilizador pode usar “*zoom-and-filter*” em linhas ou colunas para particularizar análises e até mesmo inspecionar detalhadamente os números que constituem uma tupla.

Duas ou mais **WorkScenes** podem trabalhar juntas para maximizar a produtividade, pois é possível compartilhar dados por meio do **DataAxis**. Por exemplo, os utilizadores carregam dados no **HyperRelational** para remover colunas indesejadas, criar relacionamentos com outras fontes de dados, por exemplo, um banco de dados aberto na web, e então selecionariam colunas para criar cubos de dados no **HyperAnalyzer**. Além disso, a **ShopWindow** exibe formulários dinâmicos detalhando os números dos gráficos.

Como as informações ocupam diferentes camadas, “*depth and surface*” ajuda os utilizadores a perceber a precedência das informações, ou seja, informações gerais no **BackCurtain**, exploração de dados na **WorkScene**, informações detalhadas no **ShopWindow**. Além disso, as informações organizadas em camadas reduzem a carga cognitiva de alternar de uma visualização para outra e o uso da “memória de trabalho” (cerebral), o que ajuda os utilizadores a analisar dados e obter *insights*. Por fim, é tendência compartilhar o ecrã em reuniões e apresentações online ou gravá-la para criar um vídeo. Assim, o **HyperCube4X** está pronto para ser um software de apresentação de dados.

O comportamento previsível da câmara e das faces também permite uma integração mais fácil com outros dispositivos e novos modos de interação, como *joystick*, *eye-tracking*, toque e gestos sem toque ou óculos de realidade virtual (indo além do rato e teclado), destacada pela quarta dimensão de Moran. Por fim, o eixo de dados auxilia na abordagem da sétima dimensão. Tudo isso, combinado, deve resultar em melhor interação, sexta dimensão de Moran (Moran, Thomas P., Zhai, 2007).