

Capítulo 5

Visualizar para Discernir

Nos capítulos anteriores mostramos diferentes técnicas de inferência estatística através das quais conseguimos não só sintetizar um grande volume de dados para facilitar a análise como também prever alguns resultados com base nos dados conhecidos. Apresentamos na Seção 3.6 uma série de representações gráficas através das quais podemos perceber os padrões escondidos nos dados, entendê-los e até reformular as nossas hipóteses. Porém, na Seção 3.1 comentamos que há uma grande diversidade na classificação dos dados, tanto em relação à sua estruturação quanto aos seus valores (categóricos/nominais, ordinais, escalares, vetoriais e tensoriais). Ainda distinguimos os dados transacionais (temporários) dos dados históricos (permanentes), e os dados abstratos (sem uma concretização no mundo físico) dos dados físicos (associados a um objeto provido de uma realização física). Mesmo assumindo que os dados categóricos e ordinais sejam representados em valores numéricos, não existem ainda procedimentos bem consolidados de mapeamento de dados de qualquer domínio em dados gráficos de forma que eles sejam renderizáveis em imagens que fomentem raciocínios.

Segundo Ware¹, uma tarefa baseada em análise visual dos dados envolve essencialmente dois passos: (1) formulação do elemento visual a ser buscado; e (2) busca destes elementos nos mapas de características (*feature maps*) que representam os dados de interesse. Fig. 5.1 do capítulo sintetiza o procedimento visual de busca. A formulação dos elementos visuais de busca está intimamente relacionada com o processamento cognitivo dos potenciais usuários, a construção paralela de mapas de características e a busca por elementos de interesse nestes mapas podem ser certamente facilitada se levarmos em conta a nossa percepção visual no projeto da interface

¹Colin Ware. *Information Visualization: Perception for Design*. 3a. edição. Cap. 5.

de busca.

Quando se trata de dados físicos/concretos, a concepção de um modelo gráfico é quase unânime. Para os dados abstratos, é necessário porém “inventar” elementos gráficos apropriados para representá-los. Ware apresenta no capítulo os dois elementos mais aplicados na visualização dos dados: **símbolos gráficos** e **glifos gráficos** bidimensionais. Uma síntese destas ideias é apresentada na Seção 5.1, focando na diretriz de codificação dos atributos/características de uma entidade em elementos gráficos de forma que propicie o realce de características de interesse.

Aplicando as **leis de Gestalt**, Ware mostra no Capítulo 6 do seu livro² como se pode agregar elementos gráficos para revelar prováveis padrões e/ou prováveis dinâmicas/evoluções dos dados ao longo de um período. Isso subsidiaria tomadas mais seguras de decisão. Algumas técnicas de visualização dos dados que propiciam a percepção de agrupamento e da dinâmica são mostradas na Seção 5.2.

Baseado no princípio dos gráficos de dados estatísticos, “*Above all else show the data*”, Tufte considera como elementos gráficos todas as “áreas” visualmente distinguíveis. Estas áreas, que ele chama de medidas de dados (*data measure*), podem ser caracteres alfa-numéricos, barras de um gráfico de barras, pontos de um gráfico de dispersão ou regiões (*blots*) de um mapa. Além da possibilidade de codificar multi-variáveis num elemento gráfico através de distintos atributos gráficos, ele nos mostra no seu livro³ algumas diretrizes para dispor os elementos gráficos na área de exibição de dados, de maneira que eles consigam evocar atenção dos observadores sobre *sense and substance* dos dados visualizados. Por exemplo, o diagrama de caule e folhas mostrado na página 140 do livro formado só de dígitos consegue sintetizar comparativamente as alturas de 218 vulcões de forma bem efetiva. Resumimos na Seção 5.3 as principais ideias de Tufte.

Embora seja cientificamente comprovado que a busca por padrões em 2D seja mais eficiente do que em 3D, a forma e a localização espacial destes padrões são mais fáceis de serem identificadas através de visualizações 3D quando se trata de objetos físicos 3D. No Capítulo 7 do seu livro⁴, Ware explica uma série de recursos que propiciam percepções espaciais, denominadas por ele de *depth cues*. Na Seção 5.4 é apresentada uma lista destes recursos.

Finalmente, vamos dar uma breve introdução na Seção 5.5 aos *hardwa-*

²Colin Ware. *Information Visualization: Perception for Design*, 3a. edição. Cap. 6.

³Edward R. Tufte. *The Visual Display of Quantitative Information. Part II*

⁴Colin Ware. *Information Visualization: Perception for Design*, 3a. edição. Cap. 7.

res dedicados à renderização dos dados geométricos providos de coordenadas espaciais (modelos geométricos) em dados visuais (imagens). Estes *hardwares* são conhecidos por unidades processadoras gráficas (*graphics processing units*, GPU). Esta tecnologia reduziu de forma drástica o tempo de processamento de imagens a partir de modelos 2D e 3D, e portanto realimentações visuais às ações dos usuários, contribuindo de forma significativa na viabilização de um sistema de análise visual.

5.1 Atributos Salientes

Para facilitar a busca por dados de interesse num grande volume de dados, é interessante que as suas características sejam codificadas em atributos gráficos que os tornem marcas distintas (salientes) e exibíveis num campo visual de abertura menor que 5 graus, compatível com os movimentos sacádicos rápidos dos nossos olhos. A ativação de uma estratégia de busca adequada depende também das experiências do usuário. Quanto mais familiar o usuário estiver com as cenas visualizadas, mais efetiva é a construção de mapas de características que suportam buscas visuais.

De acordo com Ware¹, cor, forma (orientação e tamanho), profundidade e movimento são características processadas em “canais” visuais distintos. Pode-se considerar que a cada uma delas é associado um mapa de características que guia o movimento dos olhos na **busca controlada/consciente** por uma característica específica. No entanto, já vimos no Capítulo 2 que ocorre também no nosso sistema visual processamentos pré-atentivos que conseguem destacar alguns elementos em relação aos outros (elementos vizinhos e/ou fundo), de forma **não-controlada/inconsciente**. Ware ilustra na Fig. 5.11 do seu livro elementos pré-atentivos e atentivos através de uma série de exemplos. O autor considera como pré-atentivos os seguintes elementos gráficos:

- orientação de linha,
- espessura de linha,
- comprimento de linha,
- tamanho,
- curvatura,
- agrupamento espacial,

- borramento,
- marcas adicionais,
- quantidade,
- cor,
- tonalidade,
- movimento (cintilamento, direção do movimento),
- localização espacial, e
- convexidade.

Vale ressaltar aqui que Ware chama atenção para o fato de que um processamento pré-atentivo é altamente dependente do contexto. Um elemento pode ser destacado pré-atentivamente dos outros mesmo diferenciando somente nos valores de uma mesma característica, como ilustram as Figs. 5.9 e 5.12 do seu livro. Pois, diferentemente da formação dos mapas de características em canais separados, uma marca pode ser pré-atentiva se ela se destacar de outras marcas de um mesmo canal. Por exemplo, a adição de marcas, que Ware chama de **assimetrias** (*asymmetries*), aos elementos de interesse pode ser efetiva para realçá-los pré-atentivamente como ilustra a Fig. 5.13 do livro. E, se quisermos destacá-las ainda mais, podemos aplicar **codificação redundante**, que consiste em mapear um mesmo atributo a diferentes características visuais separáveis.

Vale a pena fazer aqui uma ressalva dos **dados físicos**, cujo domínio “nativo” é usualmente contínuo. Mesmo amostrados em dados discretos, a visualização contínua dos valores de um **atributo escalar** destes dados, como a temperatura num mapa do aquecimento global, é mais familiar aos seus potenciais usuários. Portanto, é comum interpolar os valores dos elementos gráficos em que os atributos físicos são mapeados. Daí, a preferência pelos elementos gráficos interpoláveis, como a cor e iso-níveis mostrados no Capítulo 5 do livro de Telea⁵, na visualização dos valores escalares de dados físicos.

Difícilmente, os dados de interesse são uni-dimensionais nas aplicações práticas. Usualmente, os alvos de busca são caracterizados por uma combinação de atributos, denominada uma **busca conjunta**. A pergunta que

⁵Alexandru C. Telea. *Data Visualization: Principles and Practice*. Capítulo 5. 2a. edição.

muitos pesquisadores tentam responder é se existem algumas combinações pré-atentivas. Hoje em dia há evidências de que as seguintes combinações podem se tornar pré-atentivas:

1. agrupamento e cor,
2. profundidade e cor ou movimento,
3. luminância e forma,
4. convexidade e cor, e
5. movimento e forma.

Uma outra pergunta que se procura responder é como codificar os valores multidimensionais dos dados em elementos gráficos multi-dimensionais. A prática mais comum é o uso de elementos discretos denominados **glifos**. De acordo com o Ware, quando as dimensões codificadas nos glifos são visualmente integráveis num mesmo conceito, como a altura e a largura (área) de elipses mostradas na Fig. 5.21, fica mais fácil perceber padrões do que quando se faz mapeamentos em canais distintos. Para auxiliar o projeto de glifos para uma aplicação específica, Ware mostra na Fig. 5.32 do seu livro uma escala de combinações de características visuais para atributos bi-dimensionais desde 100% integrada até 100% separada e na Tabela 5.1 ele apresenta uma lista de atributos gráficos recomendáveis ao projeto de glifos.

5.2 Percepção de Grupos e Correlações

Representando os dados com atributos multi-dimensionais por meio de glifos, é possível proporcionar a percepção de continuidade inerente dos dados físicos? Por exemplo, você consegue perceber a direção dos tratos neurais a partir dos glifos que representam os tensores de difusão de moléculas de água no cérebro mostrados na Fig. 5.22 do livro de Ware¹?

Mais do que realçar os dados de interesse, uma análise visual tem como objetivo descobrir padrões e perceber tendências de forma a aumentar a segurança nas tomadas de decisão. Portanto, é de grande interesse, além dos dados em si, mapear em atributos gráficos as estruturas que estão por trás destes dados, tornando-as visualmente perceptíveis. No caso da Fig. 5.22, a organização direcional provável das fibras neurais em cada amostra está mapeada no alongamento dos glifos. Vamos procurar entender nesta seção alguns princípios que regem tais correspondências.

Quando se fala de percepções de padrões/grupos, não podemos deixar de falar das leis de Gestalt que sintetizam os princípios de percepção de padrões a partir de um conjunto de símbolos ou glifos gráficos:

Proximidade: símbolos e/ou glifos próximos transmitem a ideia de que os dados que eles representam tem alguma afinidade.

Similaridade: símbolos e/ou glifos similares, processáveis por um mesmo canal visual, geram estímulos pre-atentivamente.

Conectividade: conexões entre os símbolos ou glifos gráficos reforçam a ideia de relação entre os dados representados.

Continuidade: formas geométricas suaves, como curvas suaves, proporcionam uma melhor percepção de contiguidade dos dados ou de progressão gradual dos dados representados pelos símbolos ou glifos gráficos.

Simetria: disposição simétrica dos símbolos ou glifos gráficos facilita comparações.

Fechamento: contornos fechados ou áreas de uma região destacadas propiciam a percepção dos símbolos ou glifos gráficos contidos nas áreas como grupos/padrões.

Figura e fundo: organização dos símbolos ou glifos gráficos de forma que estes sejam percebidos como figuras e não como o fundo de uma imagem.

Destino comum: símbolos ou glifos gráficos que deslocam numa mesma direção são percebidos como um grupo.

Aplicando estas leis, diferentes glifos foram propostos para representar as amostras ao longo das linhas (físicas) vetoriais²: (1) segmentos, (2) setas, (3) símbolos triangulares, (4) traço com a ponta mais larga na cabeça, e (5) curvas contínuas. Além disso, outros elementos gráficos, como a cor ou a forma, podem ser explorados para visualizar simultaneamente a intensidade do campo.

Vimos na Seção 3.6 que os gráficos de dispersão são apropriados para revelar a correlação entre 2 variáveis. Quando há mais de 2 variáveis *draftsman's plot* constituído de vários gráficos de dispersão pode ser utilizado para visualizar correlações par-a-par entre as variáveis. Para correlacionar as quatro variáveis das íris na questão⁴ (comprimento e largura das pétalas, comprimento e largura das sépalas), vimos no Capítulo 3 que 12 gráficos

de dispersão foram usados. Dimensões maiores tornam difícil o correlacionamento e a interpretação destes gráficos. Com a possibilidade de codificar multi-variáveis num glifo, pensou-se ainda na alternativa de explorar as possíveis correlações por meio de glifos. No entanto, a quantidade de atributos codificáveis num glifo é limitada pela quantidade de canais visuais independentes. Uma terceira alternativa é o **gráfico de coordenadas paralelas**, em que cada linha paralela representa uma variável, como mostra a Fig. 6.47 do livro de Ware². No entanto, estudos comparativos entre diferentes variantes gráficos de coordenadas paralelas e gráficos de dispersão, coordenados pelo van Wijk, tem demonstrado que os gráficos de dispersão são mais efetivos na exibição das correlações entre as variáveis, embora seja reconhecido que os gráficos de coordenadas paralelas, junto com a técnica de interação *brushing*, proporcionem um melhor suporte às explorações.

5.3 Gráficos Estatísticos

Marcas pré-atentivas e elementos gráficos que aumentam a percepção de grupos e correlação são necessárias, mas ainda não são suficientes para produzir um gráfico efetivamente informativo de dados. Em 2001, Tufte apresentou no seu livro³ uma teoria de gráficos de dados estatísticos (bi-dimensionais) baseada na maximização da taxa de tinta de dados em gráficos desenhados sobre folhas de papel

$$\text{Taxa de tinta de dados} = \frac{\text{Tinta de dados}}{\text{Quantidade total de tinta usada na impressão do gráfico}},$$

onde tinta de dados é a tinta usada para “desenhar” os objetos gráficos correspondentes às informações quantitativas essenciais⁶. Segundo ele, os **gráficos estatísticos** são instrumentos para dar suporte à análise das informações quantitativas: “*Data graphics should draw the viewer’s attention to the sense and substance of the data, not to something else.*”. Ele ilustra as suas ideias apresentando versões aprimoradas, no sentido de taxa de tinta de dados, de quatro gráficos estatísticos no capítulo 6 do seu livro³: gráficos de caixa, gráficos de barra, histogramas e gráficos de dispersão.

Ele aplicou o conceito de densidade de dados de um gráfico para quantificar o volume de informação renderizada num gráfico

$$\text{densidade de dados} = \frac{\text{número de dados}}{\text{área do gráfico}}.$$

⁶Podemos associar tinta de dados aos *pixels* quando plotamos gráficos nas telas dos computadores.

Mostrou ainda que a acuidade visual humana é suficiente para distinguir a variação de um parâmetro numa sequência de múltiplas imagens pequenas, como a sequência dos dados de emissão de hidrocarbonetos em Los Angeles ao longo de 23 horas na página 170 do livro³. Mesmo pequenas as imagens, é visível a variação da emissão no período.

Com o avanço da tecnologia de computação gráfica, Tufte chama atenção para a proliferação de objetos gráficos decorativos, ou *chartjunk*. Estes objetos demandam uma quantidade de tinta para serem plotados mas não carregam nenhuma informação relevante, podendo muitas vezes ofuscar os dados essenciais. Segundo ele, maravilhados com a variedade dos elementos gráficos disponíveis, “*occasionally designers seem to seek credit merely for possessing a new technology, rather than using it to make better designs. Computers and their affiliated apparatus can do powerful things graphically, in part by turning out the hundreds of plots necessary for good data analysis. But at least a few computer graphics only evoke the response “Isn’t it remarkable that the computer can be programmed to draw like that?” instead of “My, what interesting data.”*” Ele ilustra no seu livro três tipos de objetos decorativos comumente encontrados nos gráficos estatísticos, que devem ser “evitados”/usados de forma mais criteriosa: os objetos que produzem efeitos visuais vibratórios, como padrão moiré, linhas de grade, e os objetos gráficos pomposos porém sem valor informativo.

Deve-se também cuidar da estética no projeto de um gráfico estatístico para que ele torne atrativo. Tufte considera como atraente um gráfico simples que harmoniza com o texto, que apresenta consistência entre a proporção e a relevância, e que evita excesso de elementos decorativos sem conteúdo. Na página 183 do livro³, Tufte faz uma análise comparativa entre as características de um gráfico estático amigável e não-amigável.

5.4 Percepção de Espaço

A tremenda capacidade de processamento paralelo massivo e a rápida redução do custo das unidades de processamento gráfico (*graphics processing unit*, GPU) tem impulsionado uma série de pesquisas dedicadas à visualização tridimensional de dados de interesse em imagens 2D com a expectativa de aumentar a quantidade de informação que uma imagem carrega. No entanto, por falta do conhecimento dos recursos aplicados no aumento da percepção espacial de uma imagem, pode-se equivocadamente interpretar os dados exibidos nas imagens. De acordo com Ware⁴ é importante entender como estas percepções são estimuladas para projetarmos uma interface

gráfica tri-dimensional efetiva:

“... one compelling reason for an interest in 3D space perception is the explosive advance in 3D computer graphics. Because it is so inexpensive to display data in an interactive 3D virtual space, people are doing it – often for the wrong reasons. It is inevitable that there is now an abundance of ill-conceived 3D design, just as the advent of desktop publishing brought poor use of typography and the advent of cheap color brought ineffective and often garish use of color. Through an understanding of space perception, we hope to reduce the amount of poor 3D design and clarify those instances in which 3D representation is really useful.”

O que aumenta a percepção 3D numa imagem 2D é a percepção de profundidade de cada ponto plotado na imagem. Ware denomina todos os recursos que estimulam esta percepção de profundidade de *depth cues*. Ele distingue 3 classes de *depth cues*: recursos estáticos monoculares, recursos dinâmicos monoculares, e recursos binoculares. Embora haja pesquisas relacionadas com a aplicação de realidade virtual que explora recursos binoculares na análise visual, vamos nos restringir neste curso em recursos monoculares.

Dos recursos monoculares estáticos, temos

Perspectiva linear: a percepção 3D é aumentada a custo da distorção dos tamanhos relativos dos dados visuais renderizados, como ilustram as Figs. 7.1, 7.5, 7.6 e 7.20⁴. Recursos visuais auxiliares são recomendados para evitar interpretações equivocadas.

Texturização: a percepção 3D é aumentada com a variação da geometria da textura de uma superfície. Foi demonstrado a sua eficácia na revelação da forma de uma superfície, como ilustram as Figs. 7.16 e 7.17⁴. A aplicação da análise de imagens médicas através da sua texturização é uma área ativa de pesquisa.

Oclusão: a percepção 3D se dá através da “invisibilidade” dos objetos mais distantes quando mais de um objeto intercepta a linha de visão do observador, como ilustram as Figs. 7.8 e 7.9⁴. De acordo com o Ware, este recurso é provavelmente o mais eficiente para percepção 3D. Para evitar que padrões de busca fiquem invisíveis, é usualmente agregado a este recurso o movimento da linha de visão na exploração dos dados (recurso monocular dinâmico), como mostra a Fig. 7.22(c)⁴.

Desfocamento: a percepção 3D é ganho com o desfocamento dos dados colocados mais distantes do observador, como mostra a Fig. 7.21⁴.

Tonalização : a percepção 3D é aumentada com a variação da tonalização das cores nas superfícies de acordo com a orientação do(s) seu(s) vetor(es) normal(is) em relação à direção da fonte de luz, como ilustram as Figs. 7.10 e 7.11⁴. As interferências decorrentes das multi-reflexões das superfícies podem dificultar a interpretação dos dados contidos nas imagens. No entanto, quando criteriosamente aplicada, tem-se demonstrado eficaz na revelação dos detalhes dos dados como mostra a Fig. 7.12⁴.

Sombras: a percepção 3D da altura dos elementos visuais é reforçada com a adição das suas sombras (elementos visuais de suporte adicionais) sobre um plano, como mostram Figs. 7.18 e 7.19.

Vale observar que há um compromisso entre o aumento da percepção 3D e os recursos adicionais inseridos nas imagens. A decisão deve ser, portanto, muito criteriosa para que as imagens tenham maior taxa de tinta de dados possível no contexto de uma análise visual.

5.5 Renderização

Com base nas “teorias” existentes acerca dos elementos visuais que favorecem uma eficiente análise visual, podemos projetar os elementos visuais e a sua disposição sobre uma tela de computador. Resta agora avaliar uma forma de implementação do projeto no computador. Há vários sistemas que suportam a visualização de dados estatísticos, como o sistema R⁷. Para os dados físicos, temos a ferramenta VTK⁸ sobre a qual foi desenvolvido um ambiente interativo de análise de dados Paraview⁹. Embora sejam ferramentas bastante versáteis, nem sempre elas conseguem atender o requisito de responsividade quando se trata de elementos visuais muito específicos. Com o intuito de mostrar a factibilidade de desenvolver um analisador visual customizável, vamos apresentar brevemente nesta seção o principal *hardware* dedicado à renderização, GPU (*Graphics Processing Unit*), e a sua interface de programação padrão mantida pelo consórcio *The Khronos Group Inc.* Grande parte do material apresentado aqui foi extraída do Capítulo 2 da tese de mestrado do Mário Camillo¹⁰.

⁷<https://www.r-project.org/>

⁸<https://vtk.org/>

⁹<https://www.paraview.org/>

¹⁰<http://www.dca.fee.unicamp.br/projects/desmo/camillo/>

A arquitetura geral das GPUs segue o padrão definido por von Neuman, sendo dividida em processadores e memórias ligados através de um barramento de comunicação. Porém, devido à sua origem como processadores gráficos, a arquitetura das GPUs tem certas características específicas. As GPUs, como o próprio nome diz, começaram como *chips* específicos para processamento gráfico. Ou seja, elas foram criadas para processar imagens *pixel a pixel* em tempo real através de um *pipeline*. Isso foi conseguido paralelizando ao máximo possível o processamento fazendo os cálculos para cada *pixel* de forma independente e concorrente. Com tempo, esses processadores foram sendo otimizados para processar não só *pixels*, mas malhas poligonais, texturas, e outros elementos gráficos e não-gráficos, evoluindo-se para GPGPUs (*General Purpose Graphics Processing Unit*).

OpenGL é uma API gráfica padrão cujo objetivo é expor diversos recursos de uma GPU de forma simplificada, independente do fabricante do *hardware* e do sistema operacional e do sistema de janelas. A versão OpenGL 4.0 abstrai a GPU como um *pipeline* gráfico, constituído de estágios fixos (*Rasterization* e *Pixel Processing* na Fig. 5.1¹¹) e de estágios programáveis (*Vertex Processing*, *Tessellation*, *Primitive/Geometry Processing* e *Fragment/Pixel Processing* na Fig. 5.1), e define um modelo de programação baseado em estados, com um típico programa composto por:

1. inicialização dos estados globais;
2. configuração do estado corrente para renderização;
3. chamada de renderização e execução do *pipeline* gráfico na GPU.

A inicialização normalmente começa com a criação de um contexto OpenGL. Dentro desse contexto são criados diferentes objetos de memória (*buffer objects*, texturas), definindo os tipos e a estrutura dos dados que serão guardados em cada objeto. É nesse momento também que programas (conjuntos de *shaders* implementados na linguagem GLSL) são criados e compilados.

A configuração do estado corrente define qual programa será executado no *pipeline* gráfico e quais objetos de memória serão utilizados na próxima chamada de renderização. O estado corrente também define como serão executados os estágios fixos do pipeline após o *fragment shader* como, por exemplo, se o *blending* será ativado e qual será a função aplicada no mesmo. Ainda uma outra configuração possível é a ativação do *transform feedback*. Esse mecanismo permite que os resultados de qualquer estágio antes da rasterização (*vertex*, *tessellation* e *geometry*) sejam escritos diretamente em

¹¹<http://romain.vergne.free.fr/teaching/IS/SI03-pipeline.html>

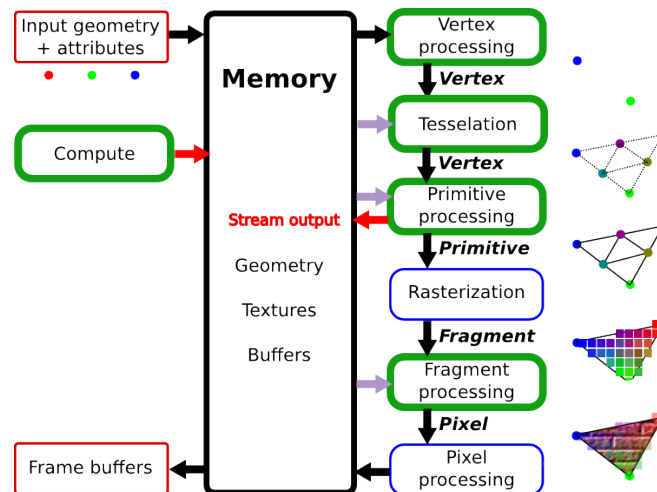


Figura 5.1: Pipeline gráfico OpenGL 4.0.

qualquer *buffer* conectado permitindo a ressubmissão desses dados diretamente ao *pipeline* gráfico, sem a necessidade de passar pela CPU.

Depois que o estado corrente foi corretamente atualizado, o próximo passo é realizar a execução da renderização na GPU. Esse processo é disparado através de chamadas de funções de *draw*. As chamadas de *draw* são realizadas sobre um conjunto de primitivas definido em um objeto de memória chamado *Vertex Buffer Object*. Vale comentar aqui que a partir da versão 3.1 da OpenGL o recurso de renderização instanciada foi introduzido. Esse recurso permite fazer uma chamada de *draw* que é executada n vezes para um mesmo objeto, diminuindo a necessidade de cópia de dados entre CPU e GPU.

Exemplos de programação de OpenGL podem ser encontrados na *internet*. Recomendo o link <https://learnopengl.com/>.

5.6 Exercícios

1. A quais resultados neuropsicológicos e psicofísicos refere o seguinte texto extraído da página 155 do livro de Ware¹?

“The list given above (in page 154), however, is considerably longer than the one that resulted from neuropsychological studies. Still, in most of these instances, the target is different from the surrounding

nontargets in terms of the basic channels introduced earlier (color, size, contrast, orientation). ... There is a risk of misinterpreting the findings of psychophysical studies and proposing a new kind of detector for every distinct shape.”

2. No ambiente R é possível configurar os parâmetros gráficos¹². Redesenhe os gráficos de dispersão dos dados da questão 4 do Capítulo 3 selecionando símbolos e cores com base no que vimos neste capítulo de forma a promover marcas pré-atencionais para íris de pétalas maiores (mais largas e mais compridas simultaneamente) (Dica: veja Fig. 5.8 do livro de Ware ¹).
3. Dentre os elementos gráficos pré-ativos citados pelo Ware, quais elementos visuais são aplicados na visualização dos atributos escalares de dados físicos e, de acordo com o Telea⁵, quais são as limitações destas técnicas?
4. O que você entende por codificação integrada e codificação separada de atributos dos dados num glifo?
5. Leia o artigo “Superquadric Glyphs for Symmetric Second-Order Tensors” de Schultz e Kindlmann¹³ e descreva sucintamente o mapeamento entre os dados quantitativos dos tensores de difusão e os parâmetros das superfícies superquádrica.
6. Leia o artigo “The Use of Faces to Represent Points in k-Dimensional Space Graphically”¹⁴ de Herman Chernoff e descreva sucintamente o mapeamento entre os dados quantitativos e os parâmetros (comprimento do nariz, forma da face, curvatura da boca, etc) de uma face de Chernoff.
7. O que são “Cornsweet contours” no texto extraído do Capítulo 6 do livro de Ware²: “*To define multiple overlapping regions, consider using a combination of line contour, color, texture, and Cornsweet contours.*”
8. No artigo “Evaluation of Cluster Identification Performance for Different PCP Variants”, Holten e van Wijk apresentem os resultados

¹²<https://www.statmethods.net/advgraphs/parameters.html>

¹³<http://people.cs.uchicago.edu/~glk/sqd/schultzTVCG10SuperquadricTensorGlyphs.pdf>

¹⁴<https://web.archive.org/web/20120415030406/http://www.apprendre-en-ligne.net/mathematica/3.3/chernoff.pdf>

dos seus estudos comparativos entre diferentes variantes de gráficos de coordenadas paralelas. Quais foram os quatro variantes propostos por eles? Quais foram as explicações que eles deram em relação à superioridade de gráficos de dispersão sobre os gráficos de coordenadas paralelas?

9. O que você entende pelo padrão moiré? Explique-o com base nas figuras da página 108 do livro de Tufte³.
10. Levando em conta do texto extraído do livro de Ware² “*Sometimes a scientist or a data analyst approaches data with no particular theory to test. The goal is to explore the data for meaningful and useful information in masses of mostly meaningless numbers. Plotting techniques have long been tools of the data explorer. In essence, the process is to plot the data, look for a pattern, and interpret the findings, so the critical step in the discovery process is an act of perception.*”
Analise o grau de “act of perception” das versões simplificadas dos gráficos estatísticos propostas pelo Tufte no capítulo 6 do seu livro³.
11. Segundo Tufte, quais são as características desejáveis de uma visualização amigável de gráficos estatísticos? E quais são as características indesejáveis?
12. Leia o artigo “Texture Analysis Methods for Medical Image Characterisation” de W. H. Nailon¹⁵. Identifique no texto situações em que a visualização dos parâmetros de textura possa ser útil na análise das imagens com o objetivo de detecção de tecidos anormais.
13. Acesse o *link* https://www.paraview.org/Wiki/The_ParaView_Tutorial, baixe o tutorial da versão ParaView que você instalou e os três arquivos de dados compactados em “The ParaView Tutorial Data”. Faça os exercícios do Capítulo 2 do tutorial que você baixou.
14. Acesse o *link* <http://www.bu.edu/tech/support/research/training-consulting/online-tutorials/paraview/>, extraia o arquivo density.vtk do arquivo comprimido de exemplos usados no *workshop* e gere as 3 formas de visualização de vetores mostradas no *link*.
15. Gere o executável do programa de renderização de um triângulo em OpenGL, disponível em <http://www.opengl-tutorial.org/beginners-tutorials/>

¹⁵<https://www.intechopen.com/books/biomedical-imaging/texture-analysis-methods-for-medical-image-characterisation>

`tutorial-2-the-first-triangle/`. Quais estágios de *shaders* foram programados no programa? Qual é a função de cada estágio?