

Apreciação da Aplicabilidade de um Conjunto de Heurísticas para a Avaliação de Visualizações de Informação

Loraine Duarte¹, Leonardo D. Miranda¹, Glívia A. R. Barbosa¹, Ismael S. Silva¹, Flávio R. S. Coutinho¹, Fábio R. da Silva¹, Diego A. F. Barros²

¹Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, ²Universidade Federal de Minas Gerais

loraine.duarte@hotmail.com, ldiasmir@gmail.com,
gliviabarbosa@decom.cefetmg.br, ismaelsantana@decom.cefetmg.br,
coutinho@decom.cefetmg.br, fabiorochadasilva@gmail.com,
diego.fariabarrosgmail.com

Abstract. *Due to the large number of information visualization techniques available, we need to assess whether these techniques are being properly used to represent a given data set. This kind of evaluation can be performed through inspection with heuristics. This paper presents a set of heuristics to evaluate the use of information visualization techniques. The evaluation of this set showed its relevance and applicability to judge the adequacy of information visualization techniques in different contexts.*

Resumo. *Em função do grande número de técnicas de visualização de informação disponíveis, é preciso avaliar se essas técnicas estão sendo utilizadas adequadamente para representar um determinado conjunto de dados. Uma forma de realizar esse julgamento consiste na avaliação por inspeção através de heurísticas. Este trabalho apresenta um conjunto de heurísticas para avaliar o uso de técnicas de visualização de informação. A avaliação desse conjunto permitiu demonstrar sua relevância e aplicabilidade para julgar a adequação de técnicas de visualização de informação em diferentes contextos.*

1. Introdução

A evolução tecnológica viabilizou a geração, o compartilhamento e o consumo de um grande volume dados. Esses dados são produzidos por diferentes fontes como, por exemplo, os sistemas de informação gerenciais, sistemas de telecomunicação, dispositivos móveis, sensores, entre outros [Sagiroglu e Sinanc, 2013]. Essa explosão de dados tem chamado a atenção da sociedade em geral, sobretudo dos profissionais das áreas acadêmica, indústria e comércio. Isso porque, o processamento e análise desses dados podem contribuir para a descoberta de conhecimento e favorecer essas áreas de diferentes formas (e.g., delinear estratégias para tomada de decisão na indústria e avanços em pesquisas científicas) [Sagiroglu e Sinanc, 2013].

Nesse processo de descoberta de conhecimento, destaca-se a etapa de visualização e análise dados, que normalmente é realizada através de sistemas de visualização de informação. Esses sistemas fazem uso de diferentes técnicas de visualização de informação (e.g., gráfico de barras, gráfico de linha, mapa geográfico, *tree map*, grafos) para exibir os dados, visando facilitar a compressão e análise dos dados por diferentes perfis de usuários [Forsell, 2012].

Porém, em função da variedade de técnicas para visualização de informação, surgiu o desafio relacionado à escolha da melhor técnica para representar dados em um determinado contexto de análise (e.g., representar uma tendência temporal através do gráfico de barras ou de linhas?). Motivados por esse desafio, pesquisadores como Franciscani et al. (2014), apresentaram ontologias, taxonomias, notações e/ou princípios, para melhor caracterizar essas técnicas e auxiliar no processo de escolha para a adoção das mesmas.

Outra forma de verificar a adequação do uso de técnicas de visualizações para representar dados consiste na aplicação de métodos de avaliação de visualizações [Isenberg et al., 2013]. Dentre os métodos mais difundidos destacam-se aqueles que propõem uma abordagem analítica para a avaliação, também conhecidos como métodos de inspeção [Isenberg et al., 2013]. Durante esse tipo de avaliação, os avaliadores são guiados por um conjunto de atributos (também conhecidos como heurísticas) que descrevem critérios que qualificam o objeto em análise (e.g., “*Organização Espacial*” é uma heurística que indica que a visualização deve organizar todos os elementos no espaço disponível para melhor representar a informação). O objetivo da inspeção é verificar quais heurísticas estão sendo atendidas e/ou violadas para atestar a adequação da visualização para representar o conjunto de dados [Isenberg et al., 2013].

Nesse sentido, trabalhos como os realizados por Lam et al. (2011), Forsell (2012), Isenberg et al. (2013), Zuk et al. (2006), Forsell e Johansson (2010) propõem um conjunto de heurísticas para que especialistas em análise de dados e/ou usuários em geral possam inspecionar e avaliar a adequação do uso de uma técnica de visualização de informação em um determinado contexto de análise. Porém, conforme argumentado por Zuk et al. (2006), uma vez que essas heurísticas se encontram dispersas na literatura, existe a demanda de agrupá-las em um conjunto unificado e validar esse conjunto, de modo a demonstrar sua aplicabilidade e relevância em diferentes contextos de avaliação.

Motivados por essa demanda, o objetivo desse trabalho consiste em apresentar um conjunto de heurísticas para avaliar técnicas de visualização de informação e apreciar a relevância e aplicabilidade desse conjunto para julgar o uso dessas técnicas em diferentes contextos de análise. Para alcançar esse objetivo, inicialmente foi conduzida uma revisão bibliográfica para levantar as heurísticas existentes. Posteriormente, o conjunto de heurísticas para avaliar técnicas de visualização foi proposto a partir do agrupamento, da revisão e unificação das heurísticas presentes na literatura. Por fim, o conjunto gerado foi avaliado, sob a perspectiva de especialistas e usuários, quanto a sua aplicabilidade e relevância.

Nesse sentido, esse trabalho é relevante porque apresenta contribuições científicas e práticas. Isso porque, o conjunto de heurísticas apresentado poderá ser utilizado para avaliar a adequação do uso de técnicas de visualização de informação, na fase de construção dessas visualizações, bem como em tempo de interação com as mesmas. Além disso, esse conjunto poderá ser explorado por outros profissionais e pesquisadores com intuito de validá-lo e/ou delinear suas vantagens e desvantagens em diferentes cenários de avaliação.

2. Trabalhos Relacionados

No âmbito de apreciação das técnicas de visualização de informação é possível encontrar, pelo menos, três linhas de investigação: (1) trabalhos que abordam métodos para avaliação de visualizações; (2) pesquisas que discutem os resultados de avaliações de técnicas de visualizações e (3) trabalhos que abordam princípios, critérios e/ou diretrizes/heurísticas para avaliar as técnicas existentes.

Em relação às pesquisas que abordam métodos de avaliação, é possível citar, por exemplo, os trabalhos realizados por Morse et al. (2000), Chen e Yu (2000), Plaisant (2004), Winckler et al. (2004), Mazza e Berre (2007), Carpendale (2008), Isenberg et al. (2008), Lam et al. (2011), Forsell (2012), Isenberg et al. (2013). O trabalho realizado por Morse et al. (2000) propõe uma taxonomia para avaliar se uma determinada técnica de visualização apoia o usuário, adequadamente, na realização de tarefas (e.g., recuperação de informação). Os autores argumentam que a taxonomia proposta pode ser utilizada para avaliar técnicas de visualização de informação aplicadas a diferentes conjuntos de dados (i.e., independente do domínio).

Por sua vez, Winckler et al. (2004) e Lam et al. (2011) apresentam métodos para avaliar a usabilidade das técnicas de visualização de informação, sob a perspectiva de usuários, a partir de um conjunto de tarefas e cenários. Segundo os autores, comparada com os métodos de avaliação por inspeção de especialistas, essa abordagem, que envolve os usuários, é mais eficaz para que, de fato, seja possível apreciar a utilidade da visualização na interpretação e análise de dados.

De maneira similar, Mazza e Berre (2007) propõem um método, que faz uso de entrevistas com grupos focais (i.e., grupo de usuários), para avaliar técnicas de visualização de informação. Essa abordagem se baseia em perguntas abertas que buscam verificar se a visualização que está sendo avaliada, de fato, é útil e auxilia o usuário na extração da informação e/o conhecimento de interesse.

Já o trabalho realizado por Forsell (2012) discute e caracteriza como o método Avaliação Heurística, proposto por Nielsen (1994), pode ser adaptado e aplicado para apreciar a adoção de técnicas de visualização da informação. A partir de uma revisão na literatura, os autores recomendam que as heurísticas a serem adotadas na Avaliação Heurística para esse contexto contemplem, não apenas aspectos de usabilidade, mas também princípios relacionados ao *design* da visualização, a interatividade com os dados, além da completude, clareza e transparência dos mesmos. Dessa forma, a aplicação do método poderá cobrir melhor as especificidades que uma avaliação de visualização da informação demanda.

Por fim, os trabalhos realizados por Chen e Yu (2000), Plaisant (2004), Carpendale (2008), Isenberg et al. (2008) e Isenberg et al. (2013) discutem a aplicabilidade dos diferentes métodos, presentes na literatura, propostos para avaliar o uso de técnicas de visualização de informação. Os autores apresentam as vantagens e desvantagens de cada método, bem como os principais desafios relacionados a essas avaliações, sobretudo, pelas diferentes dimensões que devem ser consideradas durante essas apreciações (e.g., representação visual dos dados, usabilidade, utilidade e interatividade).

Além desses, também foram encontrados trabalhos que discutem os resultados de avaliações de técnicas de visualizações (e.g., Tory e Möller, 2005 e Bautista e

Carenini, 2008). Nessa linha, é possível citar o trabalho realizado por Bautista e Carenini (2008), que avaliou visualizações geradas pela ferramenta ValueCharts, guiado por um conjunto de recomendações de usabilidade (i.e., *guidelines*). O objetivo dessa avaliação foi verificar se as visualizações representavam os dados adequadamente, de modo a auxiliar os usuários na interpretação e análise das informações de interesse.

Já no âmbito dos trabalhos que abordam princípios, critérios e/ou diretrizes/heurísticas para apreciar técnicas de visualizações é possível citar, por exemplo, os trabalhos realizados por Shneiderman (1996), Freitas et al. (2002), Amar e Stasko (2004), Zuk e Carpendale (2006), Zuk et al. (2006), Forsell e Johansson (2010) e Ribeiro et al. (2013).

O trabalho realizado por Freitas et al. (2002), buscou apresentar critérios a serem utilizados em avaliações de usabilidade de técnicas de visualizações de dados, de modo que a apreciação contemple aspectos relacionados à representação dos dados, bem como as possibilidades de interação com os mesmos, a partir da visualização. De forma similar, Forsell e Johansson (2010) apresentam um conjunto de heurísticas de usabilidade para adaptar a Avaliação Heurística ao contexto de avaliação por inspeção de técnicas de visualização de informação. Já a pesquisa realizada por Ribeiro et al. (2013), buscou identificar a aplicabilidade das heurísticas de usabilidade, presentes na literatura, para julgar técnicas de visualizações aplicadas a dados governamentais.

Por sua vez, Amar e Stasko (2004) descrevem um conjunto de requisitos para projetar e avaliar técnicas de visualização, visando minimizar as lacunas que são recorrentes no uso dessas técnicas: (1) a lacuna relacional e (2) a lacuna da visão do mundo. No ano seguinte, Amar e Stasko (2005) apresentaram uma lista de critérios para julgar o uso de visualizações de informação, sob a perspectiva das demandas de análise dos usuários. Em outras palavras, os autores descrevem tarefas, comumente executadas por usuários durante a interpretação e análise de uma visualização, e verificam se uma determinada visualização permite a realização dessas tarefas.

Zuk et al. (2006) apresentaram uma análise comparativa entre três conjuntos de heurísticas, disponíveis na literatura, para avaliar visualizações da informação. Os resultados revelaram que cada conjunto analisado permite uma avaliação parcial das técnicas, ou seja, não foi encontrado um conjunto que contemple o que os autores chamam de “os três pilares para caracterização da qualidade de técnicas de visualização” (i.e., estética/*design*, interatividade e transparência dos dados). Nesse sentido, Zuk et al. (2006) argumentam sobre a necessidade de agrupar as heurísticas presentes na literatura, de modo que esse agrupamento permita a geração de um conjunto de heurísticas unificado, para avaliar técnicas de visualização e incorpore os três pilares que caracterizam a qualidade dessas técnicas.

Motivados pela demanda apresentada por Zuk et al. (2006), o presente trabalho se difere dos demais, uma vez que apresenta e avalia a aplicabilidade de um conjunto de heurísticas para avaliação de visualizações de informação, de modo a contemplar não apenas os critérios de usabilidade (i.e., *design*/estética), mas também, os aspectos relacionados à interatividade e a transparência dos dados representados pela técnica de visualização em julgamento.

3. Metodologia

O trabalho foi conduzido por meio de uma metodologia subdividida em cinco etapas. A primeira etapa consistiu em um levantamento bibliográfico com o objetivo de identificar as heurísticas, presentes na literatura, para avaliação das técnicas de visualização da informação. Essa revisão foi realizada nos principais repositórios de publicações relacionadas à Computação (i.e., ACM Digital Library¹, IEEE Xplore², Springer³ e HCI Bib⁴) e no Google Scholar⁵. A *string* de pesquisa contemplava os seguintes termos (em português e, respectiva, tradução em inglês): visualização de informação, avaliação, heurísticas, diretrizes e requisitos.

Na segunda etapa da metodologia, as heurísticas levantadas anteriormente foram reunidas, revisadas e unificadas (i.e., ambiguidades e duplicidades foram eliminadas) para que fosse possível criar e apresentar o conjunto de heurísticas para avaliar técnicas de visualizações de informação. Esse agrupamento foi realizado por 03 especialistas em processamento e análise de dados e 02 especialistas em visualização de dados.

As etapas três e quatro consistiram na apreciação da aplicabilidade e relevância do conjunto proposto sob duas perspectivas. Inicialmente foi analisada a cobertura dessas heurísticas para realizar avaliações por inspeção com especialistas. Nesta fase, três visualizações do portal DataViva⁶ foram inspecionadas, seguindo os passos da Avaliação Heurística, através do conjunto de heurísticas apresentado neste trabalho. Na sequência, o conjunto de heurísticas foi avaliado sob a perspectiva de usuários. Para isso, os participantes dessa fase avaliaram as três visualizações do DataViva (analisadas anteriormente), a partir do conjunto de heurísticas e indicaram o grau de relevância das mesmas para o contexto de avaliação de técnicas de visualização de dados.

Finalmente, a última etapa dessa pesquisa consistiu na triangulação dos resultados, de modo que fosse possível discutir a aplicabilidade do conjunto de heurísticas aqui apresentado para avaliar, por meio de inspeções, o uso de técnicas de visualização de informação em diferentes contextos. A seguir cada etapa da metodologia será detalhada e seus principais resultados serão apresentados e discutidos.

¹ ACM Digital Library - <http://dl.acm.org/>

² IEEE Xplore - <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

³ Springer - <http://www.springer.com/br/>

⁴ HCI Bib - <http://hcibib.org/>

⁵ Google Scholar - <https://scholar.google.com.br/>

⁶ DataViva - <http://dataviva.info/pt/>

4. Definição do Conjunto de Heurísticas

A partir do levantamento bibliográfico foi possível identificar cinco trabalhos (i.e., Shneiderman (1996); Amar e Stasko (2004); Zuk e Carpendale (2006); Forsell e Johansson (2010) e Ribeiro et al. (2013)) que apresentaram diferentes conjuntos de heurísticas para avaliação de técnicas de visualização de informação. Esses trabalhos foram utilizados como insumo para a criação do conjunto aqui apresentado.

A definição do conjunto foi conduzida por 03 especialistas em processamento e análise de dados e 02 especialistas em visualização de dados (i.e., profissionais e/ou pesquisadores das áreas com pelo menos 5 anos de experiência). Nesta etapa, os conjuntos identificados na literatura foram reunidos, somando um total de 43 heurísticas. Contudo, uma vez que uma mesma heurística poderia ser proposta por diferentes autores, foi necessário agrupar e unificar as heurísticas ambíguas e/ou duplicadas.

Após esse agrupamento, as heurísticas foram revisadas de modo que o conjunto apresentado neste trabalho contemplasse o que Zuk et al. (2006) chamou de “os três principais aspectos de avaliação de técnicas de visualização” (i.e., *design*, interatividade e transparência). A Tabela 1 apresenta o conjunto de heurísticas para avaliar o uso de técnicas de visualização de informação definido neste trabalho.

Tabela 1. Heurísticas para Avaliação de Visualizações de Informação (HVI)

Código	Nome	Adaptada de
HVI_01	Codificação e percepção da Informação	Zuk e Carpendale (2006), Forsell e Johansson (2010)
HVI_02	Determinar e caracterizar relações entre os dados	Amar e Stasko (2004)
HVI_03	A codificação por cores deve garantir a percepção da informação	Zuk e Carpendale (2006), Ribeiro et al. (2013)
HVI_04	Organização espacial	Zuk e Carpendale (2006), Forsell e Johansson (2010)
HVI_05	Múltiplos níveis de detalhes	Shneiderman (1996), Zuk e Carpendale (2006), Forsell e Johansson (2010), Ribeiro et al. (2013)
HVI_06	Determinar os parâmetros do domínio da análise (Filtro)	Amar e Stasko (2004), Ribeiro et al. (2013)
HVI_07	Integrar textos e/ou elementos complementares sempre que relevante	Zuk e Carpendale (2006), Forsell e Johansson (2010), Ribeiro et al. (2013)
HVI_08	Expor Incertezas	Amar e Stasko (2004)
HVI_09	Remover distrações	Forsell e Johansson (2010)

5. Cobertura das Heurísticas para Avaliar Visualizações por meio de Inspeções com Especialistas

Inicialmente, o conjunto de heurísticas foi avaliado, quanto a sua cobertura para caracterizar a qualidade de visualizações de informação, sob a perspectiva de especialistas. Nessa análise, três visualizações disponíveis no portal do DataViva foram avaliadas, seguindo os passos do método de inspeção Avaliação Heurística, proposto por Nielsen (1994), guiado pelo conjunto de heurísticas apresentado neste trabalho.

O estudo de caso foi conduzido no DataViva, uma vez que essa é uma plataforma para visualização de dados do governo de Minas Gerais (MG), disponível para toda a sociedade. Essa plataforma faz uso de uma variedade de técnicas de visualização de informação (e.g., gráficos de barras, gráficos de linhas, gráfico de área, *box plot*, *tree maps* e mapas) aplicadas aos dados governamentais (e.g., salários e

cargos, exportações e importações, balança comercial e ensino). O DataViva pode ser utilizado tanto para analisar visualizações pré-configuradas, quanto para criação de novas visualizações.

As avaliações foram realizadas em um período de 10 dias (entre 4 e 15 de Abril de 2016), por 03 especialistas na geração e análise de visualizações da informação (i.e., profissionais e/ou pesquisadores da área com pelo menos 5 anos de experiência). Durante a avaliação foram consideradas as seguintes visualizações: (1) Ocupações em MG⁷; (2) Exportações em MG⁸; e (3) Balança Comercial em MG⁹. Essas visualizações foram escolhidas por serem representadas por três diferentes técnicas: gráfico de área, gráfico de linhas e *tree map*, respectivamente. Finalizadas as avaliações, os resultados foram analisados de forma a observar: (1) o total de problemas encontrados, que foram identificados a partir da violação das heurísticas propostas, e (2) a gravidade dos mesmos.

Em relação ao número de problemas, a avaliação indicou 16 problemas que violaram pelo menos uma heurística de avaliação. Todos os problemas identificados foram mapeados para pelo menos uma heurística apresentada neste trabalho. Em outras palavras, nenhum problema ficou sem classificação a partir do conjunto de heurísticas.

Dentre os problemas é possível exemplificar a “Falsa expectativa de multiníveis”. Isso porque, todas as visualizações analisadas oferecem recursos de interatividade que indicam a possibilidade de realizar operações de *drill down* (i.e., detalhamento de um nível de informação, de anos para meses, por exemplo). Porém, ao interagir com esses recursos, são exibidas apenas informações complementares (e.g., outras visualizações relacionadas), que não indicam detalhamento de um nível. Esse problema viola as heurísticas HVI_01 e HVI_05.

O gráfico da Figura 1 indica quantas heurísticas foram violadas, por visualização analisada, e o percentual de problemas em que essas violações ocorreram. A partir desses dados foi possível observar que 89% das heurísticas foram utilizadas para caracterizar os 16 problemas identificados. Apenas a heurística “HVI_08 – *Expor incertezas*” foi considerada “não aplicável” aos problemas. Isso pode ter ocorrido porque os dados contemplados nas três visualizações analisadas são descritivos e não possuem natureza incerta.

Esses resultados sugerem que as heurísticas, apresentadas neste trabalho, representam e podem ser utilizadas para caracterizar os potenciais problemas vivenciados por usuários de técnicas de visualizações de informação, sem que novas categorias de problemas sejam demandadas.

⁷ Ocupações em MG -

http://dataviva.info/pt/embed/stacked/rais/4mg/all/all/cbo/?sort=asc&y=num_jobs&layout=value&order=color&controls=true&year=2002_2014

⁸ Exportações em MG -

http://dataviva.info/pt/embed/tree_map/secex/4mg/all/all/hs/?color=color&depth=hs_6&controls=true&size=export_val&year=2016

⁹ Balança Comercial em MG -

http://dataviva.info/pt/embed/line/secex/4mg/all/all/balance/?controls=true&time=year&year=2000-1_2016-3&scale=linear&depth=direction&y=val_usd

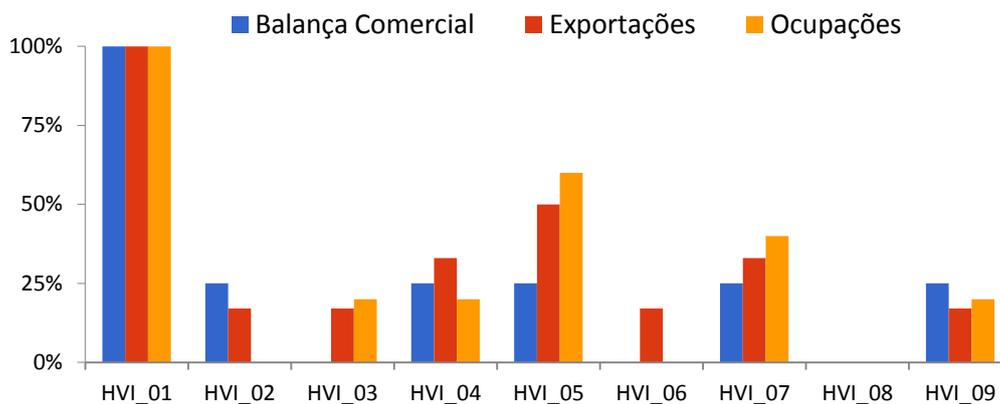


Figura 1. Incidência de violação das heurísticas nos problemas, por visualização.

Além de indicar as heurísticas violadas, a Avaliação Heurística prevê a atribuição de gravidade para os problemas encontrados. As gravidades são representadas por uma escala de 0 a 4, na qual quanto maior o valor da escala, mais grave o problema no sentido de inviabilizar o uso do sistema. Esses dados podem ser visualizados na Figura 2, que indica que a maioria dos problemas, mapeados pelas heurísticas, apresenta gravidade 3 ou superior.

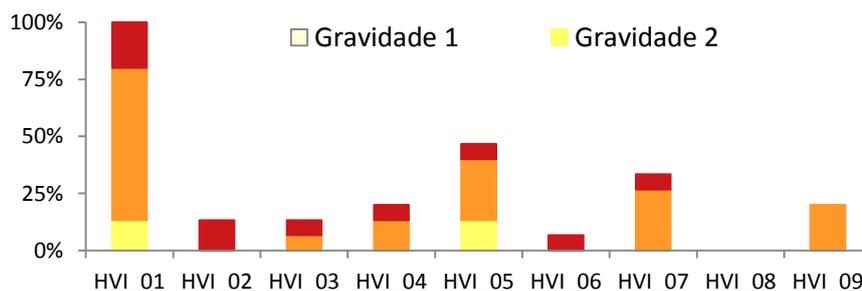


Figura 2. Gravidade dos problemas, por heurística.

Sendo assim, considerando a cobertura das heurísticas para identificar e caracterizar os problemas, bem como a gravidade dos problemas que elas permitiram caracterizar, os resultados apresentados, até o momento, reforçam o argumento de que esse conjunto de heurísticas é aplicável para apreciar o uso de técnicas de visualização de informação em diferentes contextos.

Contudo, se faz necessário, investigar a aplicabilidade desse conjunto sob outras perspectivas, de modo que seja possível melhor evidenciar essa relevância. Para isso, a próxima etapa dessa pesquisa visa avaliar as heurísticas sob a perspectiva dos usuários de técnicas de visualizações de informação (i.e., indivíduos que apenas analisam essas visualizações).

6. Relevância das Heurísticas para Avaliar Visualizações por meio de Inspeções com Usuários

Conforme sugerido por Amar e Stasko (2005) e Ribeiro et al. (2013), para verificar se, de fato, as heurísticas apresentadas nesse trabalho são adequadas e relevantes para julgar o uso de técnicas de visualização de informação, as três visualizações do DataViva (i.e., Ocupações em MG, Exportações em MG e Balança Comercial em MG)

também foram inspecionadas por usuários (i.e., pessoas que apenas consomem – visualizam e analisam – informações).

Nesta etapa, 39 usuários responderam a um questionário *online* entre os dias 25/04/2016 e 02/05/2016 (07 dias). Durante essa avaliação, o usuário deveria indicar, para cada visualização, se a heurística estava sendo contemplada, violada ou não se aplicava. Sendo assim, uma heurística foi considerada aplicável ao contexto de avaliação quando indicada pelo usuário como presente ou violada na técnica de visualização em análise. O gráfico da Figura 3 apresenta o percentual de usuários que utilizou cada uma das heurísticas para avaliar as visualizações.

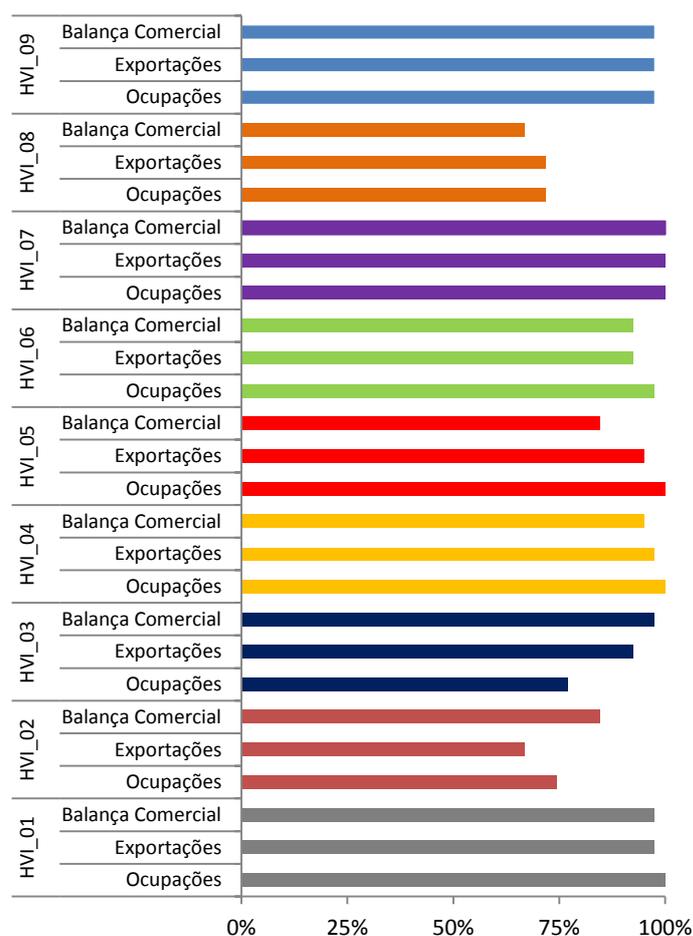


Figura 3. Aplicabilidade das Heurísticas na visão dos Usuários

Através dos dados apresentados na Figura 3 é possível observar que todas as heurísticas foram utilizadas (aplicadas) por, pelo menos, 60% dos usuários para julgar cada uma das visualizações, sendo que, sete, das nove heurísticas, foram aplicadas por pelo menos 77% dos usuários. Além disso, nenhum usuário apontou problemas (embora houvesse a opção) que não pudessem ser mapeados para pelo menos uma das heurísticas. Assim como na avaliação com os especialistas, esses dados reforçam a aplicabilidade do conjunto de heurísticas proposto, uma vez que a maioria das heurísticas foi utilizada pela maioria dos usuários, durante a avaliação.

Além da aplicabilidade, o usuário deveria indicar, em uma escala de Muito Relevante, Relevante, Pouco Relevante ou Irrelevante, a importância de cada heurística,

diante do contexto para o qual ela foi proposta. A Figura 4 sumariza os resultados dessa avaliação.

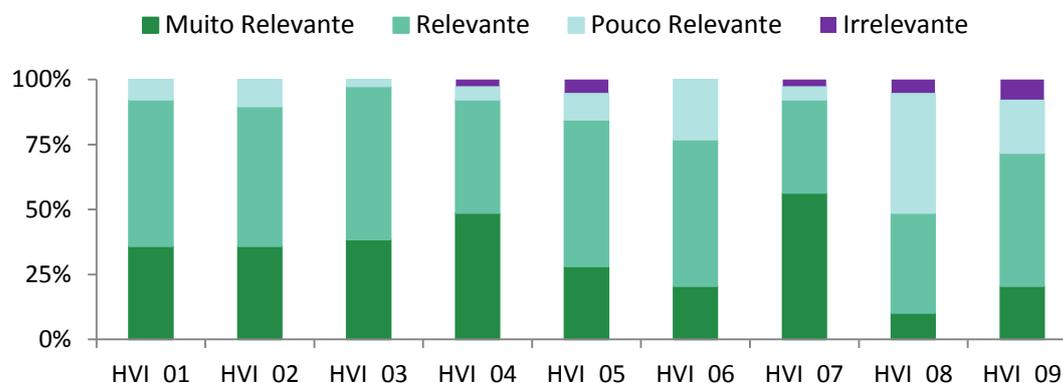


Figura 4. Relevância das Heurísticas na visão dos Usuários

Os dados obtidos nesta avaliação indicam que, na opinião da maioria dos usuários (aproximadamente 70%), todas as heurísticas são relevantes (i.e., relevantes ou muito relevantes) para o contexto de avaliação de técnicas de visualização de informação, exceto a heurística HVI_08, que foi considerada pouco relevante por aproximadamente 40% dos participantes.

Diante desses resultados, é possível perceber que na visão dos usuários participantes desta pesquisa, as heurísticas propostas para julgar o uso de técnicas de visualização em diferentes contextos são aplicáveis e relevantes.

7. Discussão dos Resultados

Para concluir a apreciação da aplicabilidade das heurísticas propostas, os resultados gerados a partir das avaliações com especialistas e os usuários foram triangulados. A triangulação refere-se a um procedimento da pesquisa qualitativa realizada por intermédio da comparação de dados extraídos por diferentes métodos, cujo intuito é conferir a validade dos resultados obtidos em uma pesquisa científica [Cho e Trent, 2006].

A partir dessa triangulação é possível argumentar que o conjunto de heurísticas apresentado neste trabalho cobre, adequadamente, os critérios para avaliar a adequação do uso de técnicas de visualização. Isso porque, tanto na visão dos especialistas, quanto dos usuários, todos os problemas identificados foram mapeados para a violação de pelo menos uma heurística, lembrando que em ambas as avaliações outros problemas poderiam ser listados.

De forma complementar, esse conjunto pode ser considerado aplicável e relevante, uma vez que, apenas a heurística HVI_08 não foi aplicada para julgar as técnicas em análise na Avaliação Heurística. Além disso, a maioria dos problemas identificados foi classificada com alta gravidade (gravidades 3 e 4). Considerando que problemas de gravidade alta podem impactar na interação dos usuários, o conjunto proposto se mostrou relevante neste aspecto. De forma similar, para mais de 90% dos usuários, as heurísticas possuem algum grau de relevância, sendo que, para pelo menos 70% deles, esse grau foi considerado *muito relevante* ou *relevante*, com exceção da heurística HVI_08.

8. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou e avaliou um conjunto de heurísticas para julgar o uso de técnicas de visualização de informação em diferentes contextos. A avaliação das heurísticas apresentadas buscou apreciá-las sob diferentes perspectivas, o que permitiu demonstrar a aplicabilidade e relevância das mesmas, na visão de especialistas e usuários, para serem utilizadas como insumo em avaliações de técnicas de visualização.

Desse modo, a relevância desse trabalho pode ser demonstrada por suas contribuições práticas e científicas. Em termos científicos, o conjunto de heurísticas poderá ser explorado por outros pesquisadores de modo que seja possível validá-lo e/ou delinear suas vantagens e desvantagens em diferentes cenários de avaliação. Na prática, as heurísticas apresentadas neste trabalho poderão ser utilizadas para avaliar a adequação do uso de técnicas de visualização de informação, tanto na fase de construção dessas visualizações, quanto em tempo de interação com as mesmas. Além disso, o conjunto apresentado poderá ser evoluído por outros profissionais e/ou pesquisadores.

Como direções futuras, esse trabalho pode ser estendido com a proposta de metodologias que façam uso das heurísticas aqui apresentadas, tanto para avaliar, quanto para projetar técnicas de visualização de informação.

Referencias

- Amar, R. and Stasko, J. 2004. A Knowledge Task-Based Framework for Design and Evaluation of Information Visualizations. In Proc. of IEEE InfoVis, pages 143–149, Los Alamitos, USA, 2004. IEEE Press
- Bautista, J. and Carenini, G., 2008, May. An empirical evaluation of interactive visualizations for preferential choice. In Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces (pp. 207-214). ACM
- Carpendale, S., 2008. Evaluating information visualizations. In Information Visualization (pp. 19-45). Springer Berlin Heidelberg
- Chen, C. and Yu, Y., 2000. Empirical studies of information visualization: a meta-analysis. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53(5), pp.851-866.
- Cho, J. & Trent, A. 2006. Validity in qualitative research revisited. *Qualitative Research*, 6(3):319--340.
- Forsell, C., 2012, July. Evaluation in information visualization: Heuristic evaluation. In Information Visualisation (IV), 2012 16th International Conference on (pp. 136-142). IEEE.
- Forsell, C. and Johansson, J. 2010, May. An heuristic set for evaluation in information visualization. In Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces (pp. 199-206). ACM.
- Franciscani Jr, G., Santos, R. L., Ottoni, R., Pesce, J. P., Meira Jr, W., & Melo-Minardi, R. 2014. An annotation process for data visualization techniques. In Proceedings of the 3rd International Conference on Data Analytics.

- Freitas, C.M., Luzzardi, P.R., Cava, R.A., Winckler, M., Pimenta, M.S. and Nedel, L.P., 2002, May. On evaluating information visualization techniques. In Proceedings of the working conference on Advanced Visual Interfaces (pp. 373-374). ACM.
- Isenberg, P., Zuk, T., Collins, C. and Carpendale, S., 2008, April. Grounded evaluation of information visualizations. In Proceedings of the 2008 Workshop on Beyond time and errors: novel evaluation methods for Information Visualization (p. 6). ACM.
- Isenberg, T., Isenberg, P., Chen, J., Sedlmair, M. and Moller, T., 2013. A systematic review on the practice of evaluating visualization. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 19(12), pp.2818-2827.
- Lam, H., Bertini, E., Isenberg, P., Plaisant, C. and Carpendale, S., 2011. Seven guiding scenarios for information visualization evaluation.
- Mazza, R. and Berre, A., 2007, July. Focus group methodology for evaluating information visualization techniques and tools. In Information Visualization, 2007. IV'07. 11th International Conference (pp. 74-80). IEEE.
- Morse, E., Lewis, M. and Olsen, K.A., 2000. Evaluating visualizations: using a taxonomic guide. International Journal of Human-Computer Studies, 53(5), pp.637-662.
- Nielsen, J. 1994. *Usability inspection methods*. In: ACM. Conference companion on Human factors in computing systems. p. 413–414.
- Plaisant, C., 2004, May. The challenge of information visualization evaluation. In Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces (pp. 109-116). ACM.
- Ribeiro, F., Caetano, B., Paula, M., Chaves, M., Silva, V., Rodrigues, S. and Souza, J.M., 2013. Heurísticas para Visualização de Dados. IX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, João Pessoa, pp.744-755.
- Sagiroglu, S.; Sinanc, D. Big data: A review. In: Collaboration Technologies and Systems (CTS), 2013 International Conference on, San Diego, CA, 2013, pp. 42-47.
- Shneiderman, B. 1996. The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations. In Proc. of the IEEE Symposium on Visual Languages, pages 336–343. IEEE Press, 1996
- Tory, M. and Möller, T., 2005. Evaluating visualizations: do expert reviews work?. Computer Graphics and Applications, IEEE, 25(5), pp.8-11.
- Winckler, M.A., Palanque, P. and Freitas, C.M., 2004, November. Tasks and scenario-based evaluation of information visualization techniques. In Proceedings of the 3rd annual conference on Task models and diagrams (pp. 165-172). ACM.
- Zuk, T. and Carpendale, M. S. T. 2006. Theoretical Analysis of Uncertainty Visualizations. In Proc. SPIE & IS&T Conf. Electronic Imaging, Vol. 6060: Visualization and Data Analysis 2006, 2006. 606007.
- Zuk, T., Schlesier, L., Neumann, P., Hancock, M.S. and Carpendale, S., 2006, May. Heuristics for information visualization evaluation. In Proceedings of the 2006 AVI workshop on BEyond time and errors: novel evaluation methods for information visualization (pp. 1-6). ACM.