

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

TATIANA CARTAGENA DE OLIVEIRA

**Visualização de Informações em Dispositivos
Móveis: uma Abordagem para Dados
Multidimensionais**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da
Computação

Profa. Dr. Carla Maria Dal Sasso Freitas
Orientadora

Porto Alegre, janeiro de 2015.

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Tatiana Cartagena de Oliveira

Visualização de Informações em Dispositivos Móveis: uma Abordagem para Dados Multidimensionais / Tatiana Cartagena de Oliveira. – Porto Alegre: PPGC da UFGRS 2015.

15 f.:il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação. Porto Alegre, BR – RS, 2014. Coordenador (a); Carla Maria Dal Sasso Freitas

1. Visualização de Informações. 2. Visualização *Mobile*. 3. Dispositivos Móveis. 4. Interação. I. Freitas, Carla Maria Dal Sasso. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Vladimir Pinheiro do Nascimento

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Luís da Cunha Lamb

Coordenador do PPGC: Prof. Luigi Carro

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

Agradecimentos

Primeiro, agradeço por ter tido uma nova oportunidade e ter vencido o câncer, foi um período difícil da minha vida, muitos planos mudaram, o mestrado atrasou, demorei a me restabelecer por completo, mas finalmente consegui, hoje curada e terminando o mestrado comecei a enxergar as coisas sob nova perspectiva, aquele imediatismo de antes, deu lugar a paciência, o Ser tornou-se muito mais importante do que o Ter e os sonhos, ganharam prioridade.

Agradeço muito a você Carla, pela oportunidade de ingressar na UFRGS como sua aluna e ter aprendido como um orientador deve ser, você é para mim e para todos os seus alunos mais que uma orientadora é uma mãezona, exemplo a ser seguido! Obrigada por toda a paciência que você teve, nesses últimos anos, foi um privilégio conhecer e trabalhar com você.

Aos meus colegas de mestrado, obrigada por fazerem parte da minha vida durante este período, foi nesse grupo de Computação Gráfica que pude compreender o real significado da palavra companheirismo, aos meus colegas Renan e Rosália uma obrigada especial, por sempre se fazerem perto, mesmo estando longe. Aos meus colegas do Projeto Petrobrás, obrigada, aprendi muito sobre geologia com vocês, em especial a você Marcos, que colaborou muito para o término dessa dissertação, mostrando-se sempre disposto e prestativo a me ajudar.

Agradeço a todos os professores do grupo de Computação Gráfica que colaboram para formar o conhecimento que hoje possuo, agradeço também a professora Mara Abel, por ter ensinado que conhecimento é poder, e que através dele podemos empreender nos mais diversos setores da nossa vida.

Chegando ao fim, agradeço a pessoa mais importante da minha vida hoje, que esteve comigo nesses últimos anos, sendo meu companheiro, em todas as horas, que nos momentos mais difíceis, mostrou-me que no final, tudo daria certo, obrigada Rafael Araújo Rodrigues, se você não estivesse comigo, eu não seria metade da pessoa que hoje eu sou! Te amo muito. Falando em amor, agradeço aos meus pais que estiverem sempre ao meu lado.

Finalmente, só tenho a agradecer a todos que colaboraram para que esse dia chegasse, obrigada a todos!

Information visualization for mobile devices: a multidimensional data approach.**ABSTRACT**

Throughout the time, in consequence of workstations and personal computers, the software and hardware takes focus at various research areas around the world due the possibility to reduce the size of computers and doesn't compromises the performance of applications. One of areas that takes advantage from it is Information Visualization due the fallen of costs of hardware components and the improving of graphics cards, the data visual analysis that could be done only in workstations, today, is possible uses the personal computers.

Now days, such personal computers can be replaced by mobile devices, e.g., tablets and cellphones since the performance of those devices is equivalent or, in some cases, better than PCs. Thereby, the Information Visualization area can be explored in mobile devices allowing companies and research labs to analyses different types of data and various contexts and geographic location that they are. Working in this context fits in order to explore techniques of Information Visualization that use the main resources of mobile devices interactive and simple mode. We hope to support the analysis process and decision making of users.

In this work we are going to presents three techniques of Information Visualization for analysis the multidimensional database in mobile device, since that each one of these will be exemplified in two distinct cases of study. One of this is part of Petrobras Project at UFRGS and the next in a Fatality Analysis Reporting System of railroads at US between 1975 and 2007.

Keywords: Information Visualization, Mobile Visualization, Mobile Device and Interaction

RESUMO

Ao longo dos anos, com a evolução das estações de trabalho para computadores pessoais, ganharam foco diversas pesquisas visando desenvolver aplicações cada vez mais complexas nessas novas plataformas. Uma das áreas privilegiadas nesse contexto, foi a de Visualização de Informações, pois através do barateamento dos componentes de hardware e avanço das placas gráficas, as análises de dados que antes eram realizadas apenas máquinas com grande poder de processamento, poderiam ser realizadas em computadores pessoais.

Hoje, tais computadores podem ser substituídos por dispositivos móveis, tais como *tablets* ou celulares, devido a performance desses dispositivos ser igual ou, em alguns casos, superior a computadores pessoais. Com isso, a área de Visualização de Informações passa a ser explorada no segmento *mobile*, devido à necessidade de empresas e instituições analisarem os mais diversos tipos de dados, nos mais diversos contextos, independentemente de localização geográfica.

Nesse contexto, esse trabalho tem o objetivo de explorar possíveis técnicas de Visualização de Informações que utilizem os principais recursos dos dispositivos móveis, e que, de forma interativa e simples possam auxiliar no processo de análise e tomada de decisão por parte dos profissionais. Para isso, serão apresentadas três técnicas de visualização para análise de dados multidimensionais em dispositivos móveis, em dois estudos de casos distintos, sendo o primeiro baseado em dados de simulação de diagênese de reservatórios e o segundo em uma base de estatísticas de acidentes de trânsito em estradas dos EUA no período de 1975 a 2007.

Palavras-Chave: Visualização de Informações, Visualização *Mobile*, Dispositivos Móveis e Interação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Estrutura do processo de análise visual (MEREALI, 2004).	13
Figura 2.1 Visualização do <i>PamlMovieFinder</i> (DUNLOP e DAVIDSON, 2000).	18
Figura 2.2(a) Gráfico de barras tradicional com dados positivos e negativos, (b) gráfico de barras com os dados positivos na cor branca e negativos na cor preta. (CHITTARO e CAMAGGIO, 2002).	19
Figura 2.3 (a) Visualização gráfica dos itinerários conforme a hora de saída, e visualização textual das datas de <i>check-in</i> e <i>check-out</i> . Adaptado de (MASOODIAN e LANE, 2003)	20
Figura 2.4 Interface do <i>Fisheye Calendar</i> (BEDERSON, CLAMAGE, et al., 2003)....	20
Figura 2.5 Visualização de dados hierárquicos com 3 níveis (KARTENS, KREUSELER e SCHUMANN, 2003).	21
Figura 2.6 Técnica <i>The Brick Wall Chart</i> (NOIRHOMME-FRAITURE, RANDOLET, et al., 2005).....	22
Figura 2.7 Técnica <i>Stacked Bar Chart</i> (NOIRHOMME-FRAITURE, RANDOLET, et al., 2005).....	22
Figura 2.8 Visualização da interação de uma célula da Matriz de <i>Scatterplots</i> (BUERING, GERKEN e REITERER, 2006).	23
Figura 2.9 Visualização dos dados de uma simulação de emergência em dispositivos móveis (KIM, JANG, et al., 2007).	24
Figura 2.10 Visualização de informações médicas de um paciente em dispositivo móvel usando <i>star plot</i> (PABLLO e CAMPO.J, 2010).	24
Figura 2.11 Visualização de possíveis áreas com pessoas infectadas como uma doença relatada (CHEN, QIAN e LI, 2011)	25
Figura 2.12 Visualização da movimentação de usuários selecionados, autores de tweets relatando uma doença (CHEN, QIAN e LI, 2011).....	25
Figura 2.13 Gráficos gerados pelo software SAS (SAS, 2012).....	26
Figura 2.14 Software Lumira no iPad 2 (LUMIRA, 2012).....	27
Figura 2.15 Visualização online no software Tableau do crescimento de várias empresas.	28
Figura 2.16 Visualização online no software Tableau do crescimento de várias empresas organizadas por grupos.....	28
Figura 2.17 <i>LiveRAC</i> representação da distribuição dos recursos de um servidor (MCLACHLAN, MUNSNER, ELEFTHERIOS, & NORTH, 2008).	30

Figura 2.18 Visualização padrão do LikertVis (PETRILLO, SPRITZER, FREITAS, & PIMENTA, 2011).....	31
Figura 2.19 Conjunto de gráficos 3D e imagem do vídeo gerado pelo ChartFlight (LUTZ & DIEHL, 2010).....	32
Figura 2.20: <i>Pixel Bar Charts</i> (KEIM, Hao, DAYAL, & HSU, 2002).....	33
Figura 3.1 <i>Storyboard</i> de interação com a Mesa de Gráficos	38
Figura 3.2 <i>Single-tap</i> e <i>Double-tap</i> aplicados a um gráfico da Mesa de Gráficos	38
Figura 3.3 <i>Storyboard</i> de consulta após uma operação (de consulta) anterior.....	39
Figura 3.4: <i>Drag</i> , <i>Zoom-out</i> e <i>Zoom-in</i> , respectivamente na Mesa com Gráficos.	40
Figura 3.5 <i>Storyboard</i> com a utilização de gráficos de barras na visualização.....	41
Figura 3.6 Visualizando como ocorre a venda do produto representado pelo setor laranja conforme o tipo de público alvo (azul, verde e rosa)	42
Figura 3.7 <i>Storyboard</i> mostrando a utilização da técnica análise por Subárea.	43
Figura 3.8 Legenda para subárea.....	43
Figura 4.1 Exemplo de pilhas de áreas	45
Figura 4.2 Relação entre conjuntos de dados e os gráficos de área.....	46
Figura 4.3 Exemplo de diferentes valores para d no processo de correlação entre séries	47
Figura 4.4 Exemplo de correlação entre duas séries	48
Figura 4.5 Exemplo da transformação das áreas necessária para realizar as análises de correlação cruzada entre um gráfico deformado e outro da base	49
Figura 4.6 Cálculo para deformação do gráfico	50
Figura 5.1 Estrutura de saída de uma simulação obtida com o software GWB.....	52
Figura 5.2 Análise dos minerais <i>Andesine</i> e <i>Maximum Microcline</i> em 8 simulações obtidas do <i>software</i> GWB.	53
Figura 5.3 Visão geral da transformação dos gráficos dados do GWB para a o gráfico de área	54
Figura 5.4 Formação do gráfico de área para os dados de uma simulação do software GWB	55
Figura 5.5 Exemplo de interpolação para um determinado ponto de um mineral em um <i>step</i>	56
Figura 5.6 Exemplo do uso da deformação por consulta em uma simulação em um tablet Motorola	57
Figura 5.7 Resultado da consulta inicial no formato Mesa de Gráficos.....	57
Figura 5.8 Geração do gráfico de barras segundo a dimensão escolhida	59
Figura 5.9 Exemplo da análise por gráfico de área em todas as simulações da Mesa de Gráficos	59

Figura 5.10 Agrupamento dos dados para a adequação da base FARS ao modelo de visualização proposto	61
Figura 5.11 Disposição de grupos e subgrupos da base de dados FARS no gráfico de área.	62
Figura 5.12 Variáveis que definem a dimensão NHS.	62
Figura 5.13 Exemplo de visualização da dimensão de NHS para um área de MAN_COLL, usando a proposta de Subárea.....	63
Figura 5.14 Estrutura de análise para o modelo Subárea.	63
Figura 5.15 Selecionando o modo de análise por Subárea.	64
Figura 5.16 Analisando a dimensão DAY_WEEK em uma área específica do gráfico.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais gestos utilizados em dispositivos móveis adotados por esta propostas.....	34
Tabela 2 Amostra de dados da base de dados FARS	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Application Programming Interface
CIG	Collaborative Information Gathering
CSV	Comma-Separated Values
EUA	Estados Unidos da América
FARS	Fatality Analysis Reporting System
GWB	Geochemist's WorkBench
HP	Hewlett-Packard
HTML5	HyperText Markup Language
IHC	Interação Humano-Computador
LAN	Local Area Network
MB	Mega Bytes
OLAP	Online Analytical Process
PDA	Personal Digital Assistant
RAM	Random-access memory
SAS	Analytics and Business Intelligence Software
UFRGS	Universidade federal do Rio Grande do Sul
XLS	Microsoft Excel file format
XLSX	Excel Microsoft Office Open XML
WAP	Wireless Application Protocol
WLAN	Wireless Local Area Network
2D	Bidimensional
3D	Tridimensional

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1.1 Requisitos para elaboração de técnicas de visualização em dispositivos móveis	133
1.2 Motivação.....	15
1.3 Objetivos	155
1.4 Organização do Texto	16
2 TRABALHOS RELACIONADOS	17
2.1 Visualização em Dispositivos Móveis.....	17
2.2 Visualização de Informação utilizando gráficos tradicionais	29
2.3 Interação baseada em gestos em dispositivos móveis	344
3 VISUALIZAÇÃO INTERATIVA DE DADOS MULTIDIMENSIONAIS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS BASEADA EM GRÁFICOS TRADICIONAIS DINÂMICOS.....	366
3.1 Principais requisitos levantados para o modelo de visualização	366
3.2 Consulta por deformação e organização dos dados no formato “Mesa de Gráficos “ ..	377
3.3 Análise de outras dimensões através de Gráficos de Barras.....	400
3.4 Análise das regiões do gráfico de áreas com a abordagem Subárea	411
4 DETALHAMENTO DA PROPOSTA DE INTERAÇÃO COM GRÁFICOS	444
4.1 Gráficos de Área.....	444
4.2 Correlação Cruzada	466
4.3 Correlação cruzada para consulta entre os gráficos	488
4.4 Cálculo para deformação do gráfico.....	500
5 CENÁRIOS DE USO DA TÉCNICA PROPOSTA.....	511
5.1 Cenário 1 – Dados de simulações realizadas com o GWB	511
5.1.1 Análises baseadas em consultas realizadas pelos geólogos	522
5.1.2 Modelo de Consulta por Deformação usando os dados de simulação do GWB	544
5.1.3 Análise de minerais em diferentes dimensões realizadas pelos geólogos	577
5.1.4 Modelo Gráfico de Barras para analisar diferentes dimensões	588
5.2 Cenário de uso 2 – Dados de acidentes de trânsito dos EUA	600
5.2.1 Modelo de Consulta por Deformação usando os dados da base FARS	611
5.2.2 Aplicação do modelo de análise por Subárea aos dados da base FARS	622
6 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....	666
REFERÊNCIAS.....	688

INTRODUÇÃO

Visualização de Informações tornou-se uma importante área de pesquisa integrando, principalmente, Computação Gráfica e Interação Humano-Computador, devido à necessidade crescente, em várias áreas, de representar e analisar conjuntos de dados dos mais variados tipos e tamanhos (SPENCE, 2001). Esse fato ocorre pois toda extração do conhecimento depende unicamente da compreensão de dados brutos e abstratos, que podem ser apresentados das mais diversas formas, sejam como textos, números ou símbolos (CHEN, et al., 2009). Com isso, possibilitar que sejam realizadas análises nesses dados requer que, além de entendê-los, sejam construídos modelos de representação visual, que possibilitem não somente a visualização e interação com os dados, mas que forneçam mecanismos de tomada de decisão.

Assim, a área de Visualização de Informações reúne o estudo dos variados aspectos envolvidos no desenvolvimento de técnicas interativas de representação visual de dados, desde as questões de percepção de elementos e atributos visuais primitivos (WARE, 2004) até decisões de projeto e implementação envolvendo a escolha de plataforma de desenvolvimento.

Ao longo do tempo, trabalhar com técnicas de visualização que representassem um grande volume de dados significava dispor de máquinas de grande poder computacional, em centros especializados para esse fim. No entanto, com o advento da Internet e popularização dos computadores e o barateamento dos seus componentes de *hardware*, técnicas de visualização que antes eram projetadas para estações de trabalho, hoje possuem versões para dispositivos móveis.

A visualização de informações em dispositivos móveis é uma área relativamente recente. O primeiro trabalho a abordar esse assunto data de 2000 (DUNLOP & DAVIDSON, 2000) e, ao longo dos anos, as pesquisas nessa área foram se intensificando principalmente no segmento de análise visual (*visual analytics*). Essa evolução certamente ocorreu devido ao aumento do poder de processamento e da capacidade gráfica desses dispositivos.

Atualmente, as técnicas encontradas nos pequenos dispositivos visam a praticidade na construção e geração de gráficos. Vários profissionais fazem uso desse recurso nas mais diversas áreas, como, por exemplo, análise visual na área de negócios, visualizações georeferenciadas e até aplicações na medicina (HAO & ZHANG, 2007).

Mesmo com limitações, graças à computação em nuvem (*Cloud Computing*), é possível utilizar *tablets* e celulares para visualizar os dados tendo como requisito apenas a conexão com a Internet, dessa forma independentemente do *hardware* para armazenamento. Vários recursos tecnológicos nos dispositivos móveis, principalmente relacionados às APIs gráficas e linguagens de programação, tornam possível construir técnicas de visualização facilmente adaptadas para quaisquer sistemas operacionais e versões dos dispositivos, sejam *Smartphones* ou *Tablets*, devido aos recursos de desenvolvimento multiplataformas. Além disso, técnicas que são projetadas para dispositivos móveis podem ser escaladas para monitores *Touch Screen*, por exemplo, os quais podem ser usados em diversos ambientes potencializando que grandes grupos possam discutir e tomar decisões

em conjunto como e onde quiserem, tornando a visualização e análise de dados uma prática acessível a todos.

Mesmo que hajam facilidades tecnológicas de desenvolvimento, isto pode não ser suficiente, pois quando se trata de análise visual, os dados que são disponibilizados normalmente são grandes volumes de dados e, em sua maioria, multivariados (SPENCE, 2001). Nesse ponto surgem vários problemas, pois representar tais conjuntos de dados exige que seja possível estabelecer relações e comparações, o que é dificultado pela resolução do *display* presentes em tais dispositivos prejudicando o processo de análise.

A performance e o desempenho são critérios essenciais para elaborar as visualizações, pois, para estabelecer a análise visual em qualquer segmento mecanismos de interação são fundamentais. Com isso a utilização de técnicas tridimensionais dependendo da quantidade de dados, podem muitas vezes, reduzir a performance, ou ainda exigirem que os dispositivos possuam capacidades gráficas dedicadas aumentando o custo de aquisição dos dispositivos.

Assim, uma prática que tem sido habitual é trabalhar com gráficos bidimensionais tradicionais para a representação de dados multidimensionais. Um exemplo é o trabalho de Viau e McGuffin (VIAU & MCGUFFIN, 2012) que permite combinações híbridas de gráficos de barras, gráficos de dispersão e coordenadas paralelas, e o trabalho de Heer e Robertson (HEER & ROBERTSON, 2007), que mantém um abordagem baseada em gráficos simples 2D, mas focando na interação e transformação de um gráfico para outro. Mesmo que estas duas abordagens não tenham sido desenvolvidas para dispositivos móveis, a simplicidade de interação e representação é um exemplo dos tipos de visualizações que estão sendo desenvolvidas atualmente para o segmento móvel.

1.1 Requisitos para elaboração de técnicas de visualização em dispositivos móveis

Quando o foco é prover a análise visual, além da visualização representar o conjunto de dados, é importante que sejam exploradas funcionalidade que permitam, não somente a interpretação correta dos dados, mas também um mecanismo eficiente para a geração de conhecimento, de modo que as análises sejam realizadas de forma automática (HÖFERLIN, HÖFERLIN, & RÄUCHLE, 2012). Aliado a isso, é necessário explorar, da melhor forma possível, os recursos dos dispositivos móveis, para que sejam desenvolvidas técnicas visuais que realmente auxiliem e facilitem a interpretação dos dados. A Figura 0.1 ilustra como é entendido o processo usual de análise visual e como o mesmo é aplicável a dispositivos móveis.

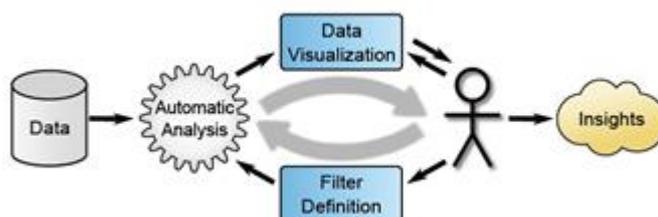


Figura 0.1 Estrutura do processo de análise visual (MEREGALI, 2004).

Conforme Shneiderman (SHNEIDERMAN, 1996), o projeto de técnicas de visualização de informações deve seguir alguns princípios básicos relacionados aos mecanismos de interface, tais como possibilitar uma visão geral do contexto da visualização, disponibilizar opções de *zoom* e filtragem e, primordialmente, definir o nível de detalhamento conforme a demanda do usuário.

Além desses princípios, a modelagem da visualização em dispositivos móveis deve respeitar algumas características para que haja uma aceitação eficiente na construção da aplicação. Para tanto, destacam-se seis aspectos fundamentais (CHITTARO L., 2006) que são comuns ao desenvolvimento de aplicações interativas de visualização de informações:

1. Mapeamento dos dados: esse é o passo inicial, ou seja, como a informação é codificada visualmente, como os recursos gráficos são dispostos, com linhas, cores, curvaturas, posicionamento, animações. Define, enfim, como as melhores relações visuais podem ser construídas.

2. Seleção: o objetivo é identificar como selecionar o que realmente é relevante para ser mostrado ao usuário, isso devido a exibição dos dados na interface do dispositivo, o qual pode variar em tamanho e resolução do *display* e necessidade do analista.

3. Apresentação: é um critério essencial pois é nessa etapa que ocorre a definição de como a visualização será construída. Entre os fatores que são considerados estão: gráficos simples 2D, gráficos de superfícies, visualizações 3D e organização dos elementos visuais na interface do dispositivo.

4. Interação: é um dos principais quesitos quando se deseja projetar aplicações móveis. Aqui deve-se considerar como o usuário irá interagir com a visualização, quais serão as melhores opções para explorar e extrair as informações de forma simples, sem que o usuário perca o referencial.

5. Fatores humanos: é nessa etapa que os aspectos cognitivos são considerados, pois o objetivo é que o usuário consiga manipular a visualização de forma rápida e eficiente. Com isso, conceitos de áreas como Interação Humano-Computador, Percepção e Cognição são efetivamente explorados, para que seja facilitado o entendimento dos dados.

6. Avaliação: por fim, é nesse momento que são realizados conjuntos de avaliações com os usuários de modo a identificar se a técnica proposta atende suas necessidades.

Projetar visualizações em dispositivos móveis é um desafio constante e isso se torna ainda maior quando há uma base de dados volumosa ou ainda, um conjunto de dados complexo, com múltiplos atributos. Além disso, outro fator de complexidade é realizar consultas e análises dos dados, pois o fato da interface dos dispositivos ser de baixa resolução impossibilita que existam botões na interface, pois estes ocuparão espaço necessário à exibição de dados.

Com as limitações relacionadas aos dispositivos móveis, principalmente quanto há grandes volumes de dados, as visualizações geradas são, em sua maioria, gráficos tradicionais com pouca interatividade, como o as que serão abordadas no capítulo 2. Por fim, os mecanismos de consulta na base de dados ocorrem por meio de componentes estáticos de interface, o que além de diminuir o escopo dos dados que são apresentados, faz com que o usuário, em alguns casos, perca o contexto da visualização.

Dessa forma, pesquisas relacionadas à elaboração de técnicas de visualização em dispositivos móveis são de suma importância, visto que hoje tais ferramentas, além de

serem acessíveis em custo e na portabilidade, compõem o ambiente de trabalho de centros acadêmicos e industriais.

1.2 Motivação

A motivação para essa proposta surgiu de um problema identificado durante o projeto “Modelagem Numérica dos Processos e Padrões Diagenéticos e seu Impacto sobre a Qualidade e Heterogeneidade de Reservatórios”, desenvolvido na Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, o qual tem como foco construir um software de simulação da formação de rochas siliciclásticas presentes em reservatórios de petróleo.

Algumas ferramentas de análise geoquímica foram utilizadas na fase inicial do projeto, entre elas o *Geochemist's Workbench* (GWB) (ROCKWARE, 2014), um *software* utilizado para compreender os processos geoquímicos intrínsecos a essas simulações. Os resultados gerados eram centenas de gráficos de simulações que representavam a composição do reservatório ao longo de determinado período geológico, entre outras informações.

A análise dos conjuntos de simulações do GWB ocorria de forma manual, pois os geoquímicos necessitavam identificar, por exemplo, em qual época geológica a presença de determinado mineral era mais acentuada. O software utilizado disponibilizava apenas visualizações estáticas. Caso fosse necessário realizar uma consulta com outros dados, seria necessário gerar uma nova simulação com um novo gráfico, isso porque o objetivo dessa ferramenta era simular e não gerar visualizações.

As visualizações geradas pelo GWB eram gráficos bidimensionais, pois para essas análises geológicas, esse é o tipo habitualmente utilizado pelos especialistas, sendo o gráfico de área a visualização mais representativa para rochas reservatórios devido à fácil identificação da composição do reservatório.

Com isso, este trabalho tem como motivação explorar múltiplos gráfico de múltiplas simulações de forma interativa, utilizando a abordagem dos gráficos de barras e áreas para o contexto o dos dispositivos móveis.

1.3 Objetivos

O principal objetivo desse trabalho é potencializar a consulta visual e análise de grandes conjuntos de dados multivariados de forma interativa e intuitiva em dispositivos móveis. Para isso, foi construída uma representação interativa de um gráfico de área 2D, onde o usuário realiza consultas comportamentais a respeito da base de dados diretamente no gráfico.

Além disso, foram elaboradas outras duas propostas de apoio para análise baseada em consulta no gráfico de área, sendo a primeira baseada em gráfico de barras, para compreender como os dados dispostos no gráfico de área estão distribuídos em outras dimensões da base e a segunda utilizando a abordagem de subárea, de modo a explorar os detalhes de como cada atributo específico do gráfico de área foi definido com base nos valores de outras dimensões. Para evidenciar a generalidade da abordagem, essas técnicas são exemplificadas em dois estudos de casos, sendo o primeiro no contexto geológico e o segundo relacionado a acidentes de trânsito.

Por fim, a principal contribuição dessa pesquisa é viabilizar análises visuais de bases multivariadas por meio de consultas interativas, utilizando os principais recursos

disponíveis de interação em dispositivos móveis, reduzindo a necessidade de componentes de interface, como *combobox* ou *checkbox* comumente encontrados em outras técnicas, realizando consultas através da interação direta na base de dados, utilizando representações 2D de gráficos tradicionais.

1.4 Organização do Texto

Essa dissertação está organizada em 6 capítulos a contar da introdução: os capítulos 1 e 2 contem os conceitos básicos e revisão da literatura usados para o desenvolvimento da pesquisa, e os capítulos 3, 4, 5 e 6 são as contribuições efetivas dessa proposta.

O capítulo 2 realiza uma breve revisão da literatura sobre como técnicas de visualização de informações começaram a ser desenvolvidas em dispositivos móveis, considerando para isso, aspectos históricos da evolução dos dispositivos, além de abordar de forma resumida alguns trabalhos que utilizaram a representação de gráficos tradicionais para compor suas visualizações.

O capítulo 3 aborda aspectos de interface e interação da técnica proposta, sendo apresentados alguns exemplos de utilização, de modo a ilustrar como é possível manipular representações visuais em dispositivos como *tablets*.

O capítulo 4 apresenta os aspectos teóricos da proposta, como os modelos foram definidos e adaptados para o contexto *mobile*, sendo a prioridade o modelo de consulta por deformação no gráfico.

O capítulo 5 exemplifica dois estudos de casos distintos de utilização das técnicas propostas, sendo o primeiro baseado em dados obtidos do simulador *GWB*, utilizado no projeto motivador dessa dissertação, e o segundo baseado na base de dados *FARS*, que contém ocorrências de acidentes de trânsito em 50 estados dos EUA.

Por fim, o capítulo 6 apresenta as principais conclusões, resumizando os resultados obtidos e os trabalhos futuros pertinentes as técnicas propostas.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesse capítulo serão abordados os principais trabalhos que contribuíram para que se iniciassem pesquisas relacionadas à área de Visualização de Informações em dispositivos móveis. Dessa forma, o objetivo é possibilitar uma visão geral e histórica sobre o começo das investigações na área, de modo a contextualizar essas abordagens com a proposta dessa dissertação.

2.1 Visualização em Dispositivos Móveis

Em meados de 1996 surgia no mercado o primeiro *Palm Pilot*, produzido pela Palm Inc., um *Personal Digital Assistant* (PDA) portátil, com tela sensível ao toque, que reconhecia caracteres desenhados a mão livre, com o auxílio de uma caneta especial denominada *stylus* (RICHARD & WIGGINS, 2004). Essa inovação tinha como finalidade reduzir o tamanho dos computadores e tornar sua utilização fácil, móvel e interativa. Inicialmente, as primeiras gerações dos PDAs dispunham de editores de texto, planilhas e agendas eletrônicas.

Com o passar dos anos, novas gerações dos PDAs foram sendo desenvolvidas e aprimoradas, sendo que, a partir dos anos 2000, a versão 3Com Palm III se tornava a mais robusta e ágil contendo um cartão de memória e uma memória RAM de 2 MB. Com esse contexto, iniciaram-se trabalhos de pesquisa e desenvolvimento para extrair todos os recursos que o dispositivo poderia oferecer, tanto em processamento quanto em interface gráfica com usuários (RICHARD & WIGGINS, 2004).

Em software, duas áreas começaram a explorar em paralelo os recursos dos PDAs: a área de Visualização de Informações, na tentativa de representar conjuntos de dados numéricos e textuais em pequenos *displays* com baixa resolução; e Interação Humano-Computador, explorando a navegabilidade e usabilidade dos dispositivos.

Em relação à Visualização de Informações, um dos primeiros trabalhos encontrados na literatura foi o *PalmMovieFinder* (DUNLOP & DAVIDSON, 2000), baseado na técnica *Starfield Displays* (AHLBERG & SHNEIDERMAN, 1994). A *Starfield Displays* foi implementada num sistema *desktop* denominado *FilmFinder*, e era baseada na abordagem de filtros e gráficos para realizar consultas visuais numa base de dados de filmes.

O *PalmMovieFinder* adaptou essa proposta para o PDA, de modo que fosse possível encontrar informações sobre os principais filmes produzidos no período de 1990 até 1998. O trabalho utilizou o próprio armazenamento do dispositivo 3Com Palm III para criar uma base de dados com 71 filmes, divididos em quatro categorias tais como: comédia, ação, iniciação científica e suspense. Estes filmes foram organizados temporalmente. Cada categoria possuía uma forma de representação, a qual variava entre círculos e quadrados, conforme a Figura 2.1, sendo ainda necessário que usuário clicasse nessa representação para saber maiores detalhes sobre filme.

Esse trabalho iniciou a linha de visualização em dispositivos móveis, pois foi possível realizar consultas visuais em base de dados, fazendo com que, a ideia de análise visual começasse a se estabelecer no segmento móvel. No entanto, o 3Com Palm III ainda

apresentava limitações em relação ao desempenho e processamento, à medida que a quantidade de informações aumentasse, o dispositivo não seria capaz de armazená-las. Dessa forma, a visualização estava atrelada ao *hardware* do dispositivo.

Com isso, como a evolução do processamento era questão de tempo, até que novas gerações de PDAs fossem desenvolvidas e disponibilizadas no mercado, algumas pesquisas se iniciaram na tentativa de encontrar soluções alternativas ao *hardware*. Foi então que, começou-se a explorar a tecnologia *Wireless Application Protocol* (WAP) (SINGELÉE & PRENEEL, 2005), presentes nos celulares convencionais. Os PDAs não dispunham desse recurso que, anos mais tarde, foi incorporado na sua fabricação.



Figura 2.1 Visualização do *PalmMovieFinder* (DUNLOP e DAVIDSON, 2000).

A área de IHC (Interação Humano-Computador) foi pioneira nessas pesquisas explorando uma maneira de tornar as páginas da Internet mais amigáveis nos telefones celulares. Foi com isso que o trabalho *Improving Mobile Internet Usability* (BUCHANAN, et al., 2001) foi de suma relevância, pois essa proposta tinha como foco melhorar a organização dos dados das páginas web para que as pessoas tivessem uma melhor navegabilidade no seu celular. Foi a partir desse trabalho que se começou a estabelecer pesquisas para testar a viabilidade de utilizar dados armazenados em servidores para potencializar a criação de aplicações visuais.

Em 2002, o trabalho de *Chittaro e Camaggio* (CHITTARO & CAMAGGIO, 2002) explorou a velocidade de transmissão de conexão das redes WAP para carregar dados armazenados em um servidor e gerar uma visualização simplificada de dados temporais. A proposta foi visualizar os dados através de gráficos de barras 2D. Esse trabalho propôs duas abordagens, sendo a Figura 2.2 (a) um gráfico de barras tradicional onde os valores positivos estão representados para cima e os negativos para baixo e a Figura 2.2(b) na qual a ideia foi utilizar as cores preta para representar dados positivos e branca para os negativos. O modelo de telefone utilizado como teste foi o *Nokia 7110*.

O resultado desse trabalho evidenciou que existia uma possibilidade de utilizar essa tecnologia para se trabalhar com visualizações simples, e que o tempo de resposta seria razoável para poucos dados.

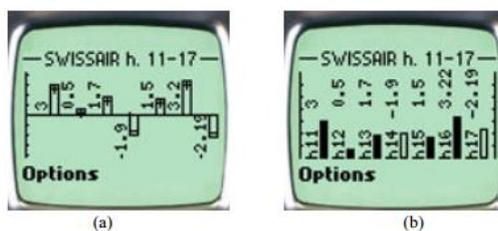


Figura 2.2(a) Gráfico de barras tradicional com dados positivos e negativos, (b) gráfico de barras com os dados positivos na cor branca e negativos na cor preta. (CHITTARO e CAMAGGIO, 2002).

Esse trabalho serviu como base para que, em 2003, o primeiro software de visualização utilizando o serviço de rede móvel WAP fosse elaborado. O trabalho de (MASOODIAN & LANE, 2003) propôs uma versão móvel para o software *Collaborative Information Gathering* (CIG), que foi um sistema desenvolvido para agentes de viagens e seus clientes, através do qual ambos podiam criar itinerários colaborativos de viagens usando a internet. O software disponibilizava informações como tempo de viagens, hotéis, possíveis rotas, data de chegada e saída, enfim, era um sistema completo na época para itinerários de viagens (GRASSO, BORGHOFF, GLANCE, & WILLAMOWSKI, 1998).

A versão móvel criada passou por processos de adaptações, por exemplo, os itinerários que na versão *desktop* eram vistos com o auxílio de imagens, na versão móvel, foram ajustados para exibir uma lista textual. Na época foi utilizado um celular *Nokia 7110*. Com isso, dois tipos de representações foram propostos, sendo a primeira textual para os itinerários e a segunda gráfica, com o auxílio de gráficos de linhas, onde o eixo Y representava as cidades e o eixo X poderia representar semanas e horas, conforme a Figura 2.3. Além disso, foi feita uma avaliação de interface, de modo a identificar qual interface os agentes de viagens e os viajantes adaptavam-se melhor, se com a visualização em texto ou gráficos. A conclusão foi que a visualização em texto era mais fácil e intuitiva. (MASOODIAN & LANE, 2003).

Com esse trabalho, duas abordagens foram definidas, uma em relação à consolidação da utilização de redes WAP em conjunto com o armazenamento de dados em servidores, e outra relacionada com a representação dos dados em celulares convencionais. Ou seja, em celulares com modelos similares aos da *Nokia*, a visualização deveria ser textual, isso até que esses telefones possuíssem um *display* maior. Com isso, as pesquisas relacionadas à visualização de informações persistiram na utilização dos PDAs, devido ao recurso de *touch screen*, maior resolução e diversidade de cores. No entanto, os requisitos principais eram que as visualizações representassem poucos dados, para não comprometerem o desempenho do dispositivo, isso enquanto não houvesse acesso à internet nos PDAs.



Figura 2.3 (a) Visualização gráfica dos itinerários conforme a hora de saída, e visualização textual das datas de *check-in* e *check-out*. Adaptado de (MASOODIAN e LANE, 2003)

Ainda em 2003, um trabalho que se destacou foi o *Fisheye Calendar* (BEDERSON, CLAMAGE, CZERWINSKI, & ROBERTSON, 2003), desenvolvido para o PDA *Microsoft Pocket PC*, o qual consistia em um aplicativo simples de visualização de calendário, sendo seu diferencial a utilização da técnica de visualização *Fisheye* (FURNAS, 1986), uma técnica que permite exibir na mesma imagem uma parte do conjunto de dados em “foco” e o “contexto” distorcido, de modo a manter a orientação do usuário no espaço de dados.

O aplicativo criado foi um calendário dinâmico e interativo, o qual disponibilizava ao usuário uma interface com todos os dias e compromissos do mês, sendo que quando fosse necessário visualizar as atividades de um dia em específico, o usuário clicava no dia e a visualização dos detalhes das suas tarefas eram exibidas sem perder o contexto do mês, utilizando ao máximo a técnica *Fisheye*, diferente do que ocorre hoje, na maioria dos calendários móveis, onde é possível clicar no dia desejado mas o usuário é direcionado para outro contexto. A Figura 2.4 exemplifica a interface do calendário.

Essa aplicação poderia ser adaptada para computadores *desktop*, sem nenhum tipo de alteração na interface. Na época, essa abordagem foi comparada com outro aplicativo de calendário disponibilizado no dispositivo *Microsoft Pocket PC* e o resultado foi surpreendente: os participantes da avaliação preferiram o *Fisheye Calendar* à opção comercial da *Microsoft*.

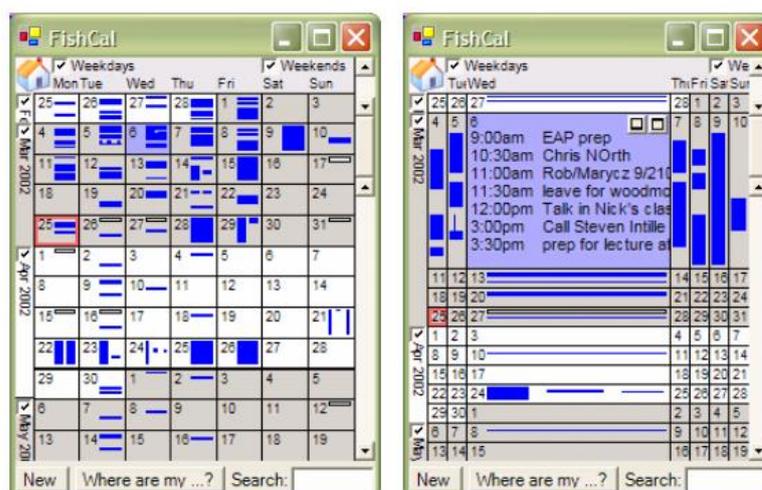


Figura 2.4 Interface do *Fisheye Calendar* (BEDERSON, CLAMAGE, et al., 2003).

Com isso, em 2004, foi lançada uma versão estável do *Fisheye Calendar*, o *DateLens* (BEDERSON, CLAMAGE, CZERWINSKI, & ROBERTSON, 2004) o qual se tornava uma referência de desenvolvimento de software de calendários disponibilizado para os PDAs na época.

Nesse mesmo período, alguns trabalhos começaram a explorar técnicas mais sofisticadas para serem visualizadas em pequenos dispositivos. O trabalho de (KARTENS, KREUSELER, & SCHUMANN, 2003) teve como objetivo representar estruturas hierárquicas como grafos, adaptando a técnica *Magic Eye View* (LOPEZ, KREUSELER, & SCHUMANN, 2002) para dispositivos móveis. A técnica original suportava um grafo de 1.000 nodos e poderia ser representada em 2 ou em 3 dimensões. No entanto, a versão móvel desenvolvida continha apenas 400 nodos representados apenas em 2 dimensões. O sistema de navegação foi simplificado, utilizando apenas a ideia de foco+contexto, sendo que para a geração da visualização, o usuário necessitava especificar o número máximo de níveis que poderiam ser exibidos ao mesmo tempo no *display* do PDA, conforme a Figura 2.5. Esse trabalho foi o primeiro a explorar de forma eficiente uma técnica complexa em dispositivos móveis, contribuindo para que novas pesquisas dessem sequência à construção de visualizações dinâmicas e interativas.

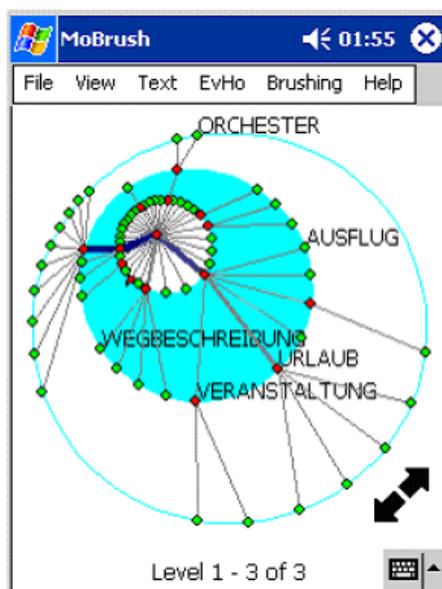


Figura 2.5 Visualização de dados hierárquicos com 3 níveis (KARTENS, KREUSELER e SCHUMANN, 2003).

Em 2005, o trabalho de (NOIRHOMME-FRAITURE, RANDOLET, CHITTARO, & CUSTINNE, 2005) propôs duas técnicas de visualização para representar a evolução do mercado de ações. A primeira foi a *The Brick Wall Chart*, que consistia em representar a evolução das ações durante o ano, considerando quatro diferentes atributos quaisquer. Os valores das ações foram representados através de escalas de cores, sendo que as escalas oscilavam entre tons de branco, amarelo, vermelho e preto, conforme a definição de (SPENCE, 2001), na qual a cor branca representava os valores mínimos e a cor preta representava os valores máximos, sendo que para os valores intermediários, as cores eram obtidas por interpolação.

O *display* do dispositivo foi dividido em 12 colunas, cada uma representando um determinado mês do ano, da esquerda para a direita, e foi dividido verticalmente em retângulos para representar os dias (o número de dias dependia do mês) de baixo para cima do *display*. Além disso, havia outra divisão de 4 pequenos retângulos para representar cada atributo. Os retângulos eram preenchidos com a cor definida para cada valor, conforme a Figura 2.6.

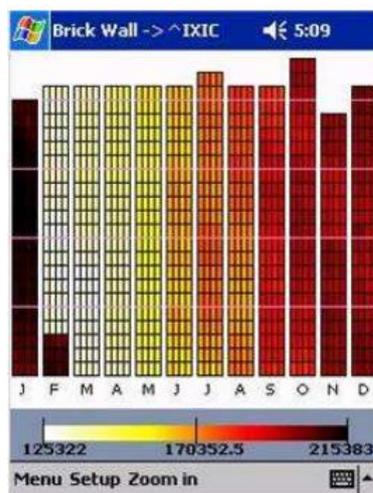


Figura 2.6 Técnica *The Brick Wall Chart* (NOIRHOMME-FRAITURE, RANDOLET, et al., 2005)

A outra abordagem foi a representação *Stacked Bar Chart*, a qual usava a metáfora de um calendário, onde o *display* foi dividido em 12 gráficos de barras tradicionais representando os meses do ano conforme a Figura 2.7. Essa representação ilustra dois tipos de atributos, diferente da anterior que representava 4: o primeiro atributo está definido pela cor azul e o segundo pela cor laranja, ambos aparecendo sobrepostos, as ações com valores menores na frente e as com valores maiores, atrás.

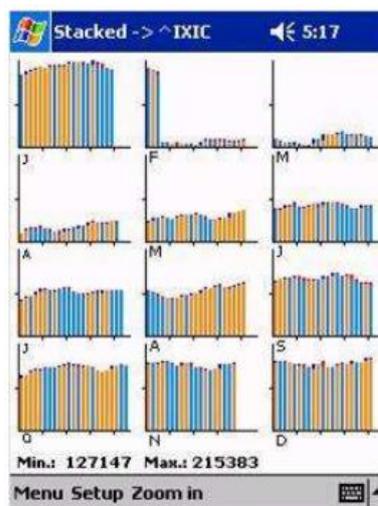


Figura 2.7 Técnica *Stacked Bar Chart* (NOIRHOMME-FRAITURE, RANDOLET, et al., 2005)

Quando as duas técnicas foram submetidas para avaliação, a representação que obteve maior aceitação foi a *The Brick Wall Chart*, isso por que a ideia de *dégradé* de cores para

os usuários foi visualmente mais atrativa do que a representação de gráficos tradicionais. No entanto, a organização em vários gráficos de barras foi um ponto crucial para que os próximos trabalhos começassem a explorar a técnica como a Matriz de *Scatterplot* (ANDREWS, 1972), em dispositivos móveis.

A partir de 2006, vários modelos de PDAs já estavam disponíveis no mercado, muitos já possuíam conexão *Wireless Local Area Network* (*Wireless LAN* ou *WLAN*) (RAPPAPORT, 1996). No entanto, depender dessa tecnologia para carregar os dados não era uma boa opção, pois não poderia se garantir que em todo o lugar haveria este tipo de conexão disponível. Neste período, o poder de processamento dos dispositivos já era considerável e, além disso, conforme as novas gerações fossem sendo desenvolvidas, a sua capacidade aumentaria. Foi, então, que o trabalho de (BUERING, GERKEN, & REITERER, 2006), para representar 7500 livros em um PDA da *Hewlett-Packard* (HP) foi desenvolvido utilizando duas técnicas difundidas: a Matriz de *Scatterplots* (ANDREWS, 1972) e a *Fisheye* (FURNAS, 1986).

A Matriz de *Scatterplots* foi organizada da seguinte forma: o eixo *X* continha o ano de publicação das obras e o eixo *Y*, os preços cobrados por cada exemplar. A técnica *Fisheye Views* foi utilizada como mecanismo de *Zoom*, de modo a facilitar o sistema de interação no aplicativo sem que o usuário perdesse o contexto. Dessa forma, quando ele clicasse em uma célula da matriz, esta seria ampliada no centro do dispositivo exibindo detalhes sobre o livro, como título, ISBN, editora, etc, conforme a Figura 2.8. A partir dessa abordagem, alguns trabalhos se intensificaram na tentativa de representar dados multivariados e dados volumétricos (ZHOU, QU, WU, & CHAN, 2006) em dispositivos móveis.

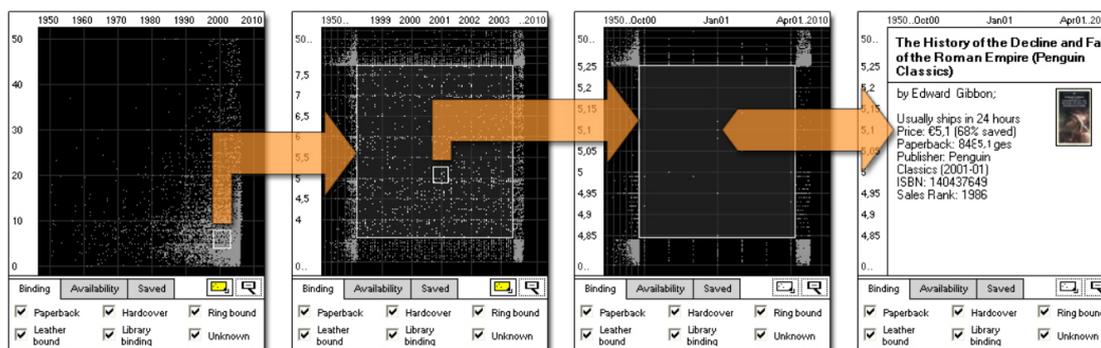


Figura 2.8 Visualização da interação de uma célula da Matriz de *Scatterplots* (BUERING, GERKEN e REITERER, 2006).

O primeiro trabalho focado em análise visual (*visual analytics*) em dispositivos móveis foi a abordagem de (KIM, JANG, MELLEMA, EBERT, & COLLINS, 2007) que utilizou uma interface simples para simular uma situação de emergência, visando treinamento preventivo. Essa proposta coletou dados de uma casa noturna, no intuito de identificar como poderiam ser visualizadas as evacuações, caso ocorresse uma situação emergência, como, por exemplo, um incêndio. Na interface, vista na Figura 2.9, foram disponibilizadas informações como total de pessoas presentes no ambiente, número de vítimas fatais, disposição das pessoas conforme a sua localização, etc.

Naquele período, as aplicações de análise visual já estavam difundidas e as simulações em dispositivos móveis começavam a ter maior visibilidade, sendo seu início ainda estava associado à visualização. No entanto, a abordagem do trabalho de (KIM, JANG,

MELLEMA, EBERT, & COLLINS, 2007) contribuiu para que outras pesquisas surgissem na área móvel.



Figura 2.9 Visualização dos dados de uma simulação de emergência em dispositivos móveis (KIM, JANG, et al., 2007).

Conforme foi ocorrendo a evolução tecnológica dos dispositivos, as pesquisas no contexto móvel foram facilitadas e, com isso, técnicas visuais foram sendo aprimoradas para estes dispositivos. Vários setores da economia passaram a utilizar os dispositivos móveis como ferramentas de trabalho, empresas e centro de pesquisas começaram a desenvolver aplicativos especializados em determinados segmentos, um exemplo sendo o trabalho de (PABLO & CAMPO.J, 2010) que teve como objetivo representar dados multivariados de aplicações médicas, tais como informações pessoais dos pacientes, resultados de exames, medicamentos prescritos, informações históricas, alergias, entre outras, como ilustra a Figura 2.10.

Essa abordagem utiliza uma interface baseada num gráfico radial conhecido como *star plot*, o qual possibilita o relacionamento de todas as variáveis descritivas de um elemento do conjunto de dados. Os eixos radiais representam as variáveis (atributos do paciente) e uma linha faz a ligação de todos os valores de modo que o formato da estrela formada pela linha dá uma ideia de estado geral do paciente. A interação é simples: o médico clica sobre determinada variável e seu valor numérico é apresentado.

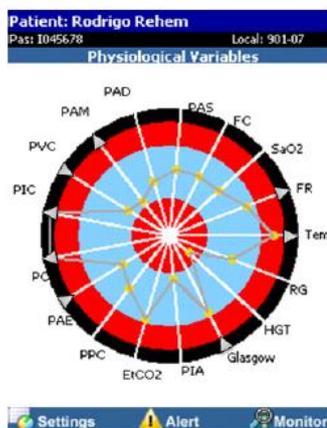


Figura 2.10 Visualização de informações médicas de um paciente em dispositivo móvel usando *star plot* (PABLO e CAMPO.J, 2010).

Outro exemplo é *MobileAnalyticator* de (CHEN, QIAN, & LI, 2011), que foi projetado para analisar dados geoespaciais e temporais, obtidos a partir de *tweets*. O trabalho foi proposto para a “challenge” do VAST 2011 cujo objetivo era a visualização de dados obtidos a partir da análise de *tweets* sobre o espalhamento de uma doença na forma epidêmica. Para isso, foi desenvolvida uma interface de consulta, na qual o usuário digita palavras-chaves de busca como gripe, diarreia, vômito, por exemplo. A partir da busca de mensagens de *microblogs* num servidor e da análise temporal das mesmas, visualizações diferentes foram mostradas, conforme a Figura 2.11 e Figura 2.12.



Figura 2.11 Visualização de possíveis áreas com pessoas infectadas como uma doença relatada (CHEN, QIAN e LI, 2011)

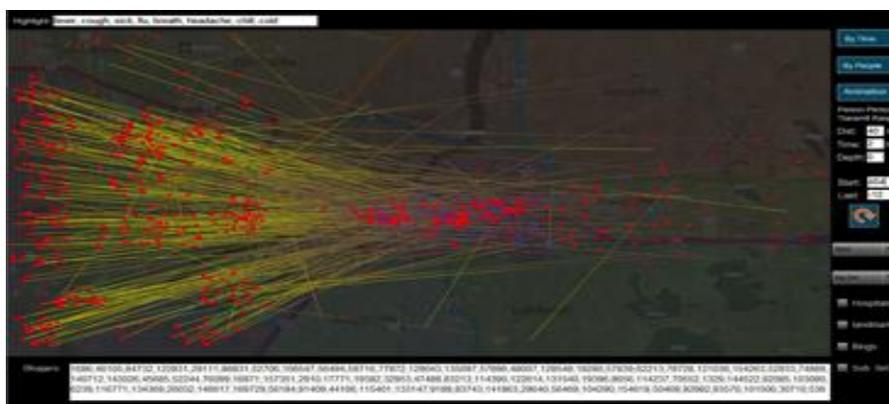


Figura 2.12 Visualização da movimentação de usuários selecionados, autores de tweets relatando uma doença (CHEN, QIAN e LI, 2011)

No segmento empresarial, várias empresas estão trabalhando com análise visual em dispositivos móveis como, por exemplo, a SAS, com o *Business Analytics and Business Intelligence Software* (SAS, 2012), que consiste em um conjunto de aplicativos nativos projetados para as plataformas *Apple* e *Android* que possibilitam aos usuários utilizarem uma interface de *designer* para projetar seus gráficos e uma interface para gerenciar relatórios.

Com isso, o usuário gera os relatórios através da manipulação de gráficos simples, tais como: gráfico de barras, gráfico de pizza, *burble chart*, entre outros, a Figura 2.13 exemplifica o conjunto de gráficos que estão disponíveis. Dessa forma, o principal objetivo dos aplicativos é gerar relatórios através da interação com gráficos 2D e 3D em uma base previamente carregada no servidor pelo o usuário, de modo que, quando o servidor é atualizado a aplicação móvel é automaticamente sincronizada.



Figura 2.13 Gráficos gerados pelo software SAS (SAS, 2012).

O software *Lumira* da SAP (LUMIRA, 2012), disponibiliza um sistema de visualização com base em aplicações na Web utilizando a linguagem HTML5 para portabilidade nos *browsers* dos dispositivos móveis. A interface Web é acessada através de uma conta de usuário de modo que, seja possível carregar e gerar visualizações simples 2D tais como: gráfico de barras, pizza, *scatter* e mapas através da manipulação de elementos de interface. Além disso, os formatos de dados que são disponibilizados são: CSV, XLS, XLSX, possibilitando que o usuário analise as mais diversas bases de dados que desejar.

A Figura 2.14 exemplifica esse software no dispositivo móvel da *Apple*.



Figura 2.14 Software Lumira no iPad 2 (LUMIRA, 2012).

Outro *software* conhecido no âmbito empresarial é o *Tableau*, (HEER, MACKINLAY, STOLTE, & AGRAWALA, 2008) o qual disponibiliza uma versão *online* para ser visualizada em *browsers Desktop* e em dispositivos móveis, da mesma forma que o *Lumira*, esse software provê visualizações 2D de gráficos simples, apoiados na manipulação direta de filtros e elementos de interface para manipular a visualização de gráficos devido a possibilidade de utilização desse software nos mais diversos contextos de dados.

As visualizações são importadas na versão *Desktop* do *Tableau* no formato de tabelas do *Microsoft Excel*, *Microsoft Access*, dados no formato .csv, OData, entre outros. Quando o *software* é acessado na *Internet* é possível visualizar todos os gráficos que foram compartilhados na versão *Desktop* para o servidor, dessa forma a análise dos dados pode ser realizada de forma colaborativa.

O exemplo Figura 2.15 ilustra a visualização do crescimento de várias empresas dos mais diversos segmentos, organizadas ao longo dos anos. O sistema de interação nas visualizações ocorre através de cliques e *Drags*, com isso é possível inserir novas dimensões para serem visualizadas. Na Figura 2.16 é possível ver o crescimento das empresas através de grupos, as *Rocket Ship*, *Hot Company* e *Slow Burner*. Além disso, dependendo dos dados é possível visualizar as mesmas informações em tipos de gráficos diferentes, através do botão *Show Me*.

O *Tableau* é um dos principais softwares de visualizações no mercado, devido a possibilidade de se trabalhar nos mais variados contextos de dados. A usabilidade da interface foi projetada para atender tanto aplicações *online*, sejam elas em *browsers Desktop* quanto em dispositivos *mobile*. Esse fato, faz com que, as visualizações não utilizem os principais mecanismos de interação disponíveis nos tabletes, pois o sistema de

interação do software deve atender de forma equivalente as visualizações *Desktops* e *online*.

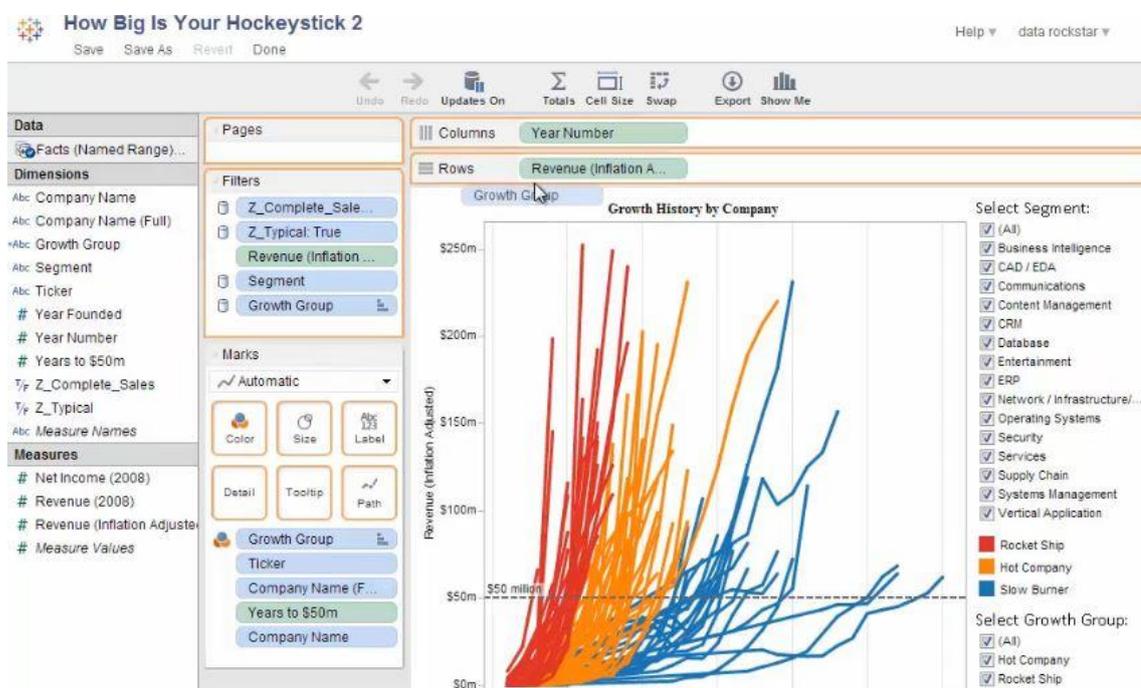


Figura 2.15 Visualização online no software Tableau do crescimento de várias empresas.

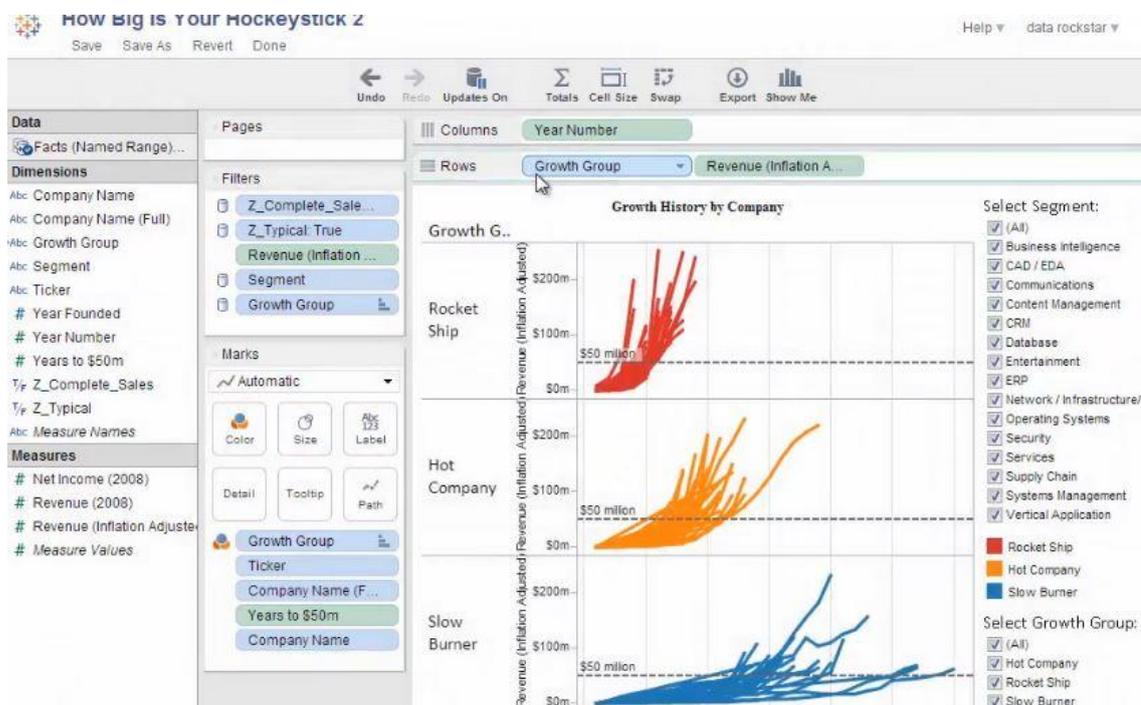


Figura 2.16 Visualização online no software Tableau do crescimento de várias empresas organizadas por grupos.

Esses são alguns exemplos de softwares que utilizam aplicações nativas nos dispositivos móveis ou aplicações online via *web-browsers*, que possibilitam a visualização e análise de informações. Com isso, analisando apenas esses três softwares comerciais, é possível perceber que no contexto móvel, as visualizações são em sua maioria gráficos tradicionais 2D, além disso os mecanismos de interação normalmente estão associados a configuração de dados ou a formatação de gráficos, isso utilizando componentes de interface.

Nesses *software* o interesse é fazer com que o usuário realize suas interpretações com base em visualizações estáticas, ou seja, o gráfico é gerado e analisado. No entanto, formas de interações e visualizações dinâmicas, que mudam conforme a manipulação do usuário, ainda são um fator limitante, pois é necessária alta expertise não só em visualização de informação mas também em tecnologias desenvolvidas para dispositivos móveis.

Além disso, por mais que hoje a disponibilização da Internet 3G e 4G já sejam uma realidade, assim como a tecnologia de *Cloud Computing* para armazenar os dados, confiar veemente apenas na conexão requer que sejam desenvolvidas técnicas simples e rápidas de visualização e mesmo que os dispositivos móveis estejam cada vez mais potentes, o custo ainda é alto. Com isso, desenvolver técnicas de visualizações, dinâmicas e interativas, que auxiliem o usuário a tomar decisões de forma rápida e eficiente ainda é desafio, e com base nesse objetivo essa proposta de dissertação visa colaborar.

2.2 Visualização de Informação utilizando gráficos tradicionais

O uso de visualizações com gráficos tradicionais tais como: gráficos de linhas, barras, pizza, é recorrente em diversos contextos, devido a simplicidade com que as informações podem ser organizadas. Na literatura há uma variedade de trabalhos que abordam essas representações, de modo a utilizarem e criarem variações que compõem novas técnicas de visualização. Com base nisso, o objetivo dessa seção é descrever brevemente alguns trabalhos que utilizaram a abordagem de gráficos simples para representar conjuntos de dados dos mais diversos tipos.

Dentre os vários conjuntos de dados que podem ser representados, trabalhar com dados temporais ainda é um desafio, pois normalmente as bases de dados são extensas e exigem que a visualização seja intuitiva e simples para que o usuário possa interpretar corretamente os dados (MCLACHLAN, MUNSNER, ELEFThERIOS, & NORTH, 2008). Para esses tipos de dados a utilização de gráficos de linhas possui uma maior representatividade, por serem amplamente utilizados em áreas exatas como estatística, engenharia e matemática.

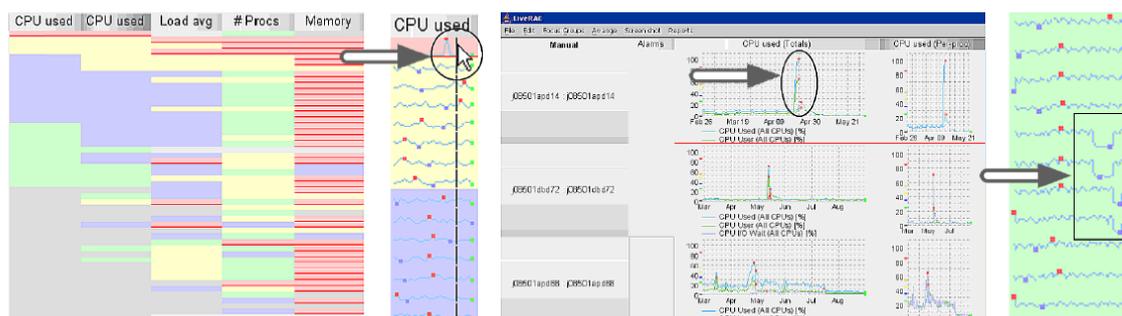


Figura 2.17 *LiveRAC* representação da distribuição dos recursos de um servidor (MCLACHLAN, MUNSNER, ELEFThERIOS, & NORTH, 2008).

Pensando nisso, o trabalho de McLachlan, (MCLACHLAN, MUNSNER, ELEFThERIOS, & NORTH, 2008) apresenta o *LiveRAC*, um *software* de visualização que suporta a análise de um grande volume de coleções de dados temporais de um sistema de gerenciamento de recursos de servidores, sejam eles virtuais ou físicos, de modo que é possível monitorar a distribuição dos recursos de cada servidor. O *LiveRAC* permite uma comparação visual lado-a-lado de grupos arbitrários de dispositivos e parâmetros tais como como distribuição da CPU, memória, fila de processos entre outros.

Dessa forma, através da utilização de uma matriz reordenável de gráficos, com *Zoom* semântico, uma técnica que adapta a representação visual de cada gráfico no espaço disponível do *Screen*, é possível identificar diferente níveis de detalhes sobre a alocação dos recursos dos servidores. Para isso o *LiveRAC* utiliza a cor vermelha no formato de linhas, como uma visualização geral do uso dos recursos e no formato de pontos como uma representação dos “picos” de utilização do servidor. A Figura 2.17 ilustra essa representação, onde o eixo X do gráfico de linha representa os meses e o Y o percentual de uso da CPU. Com isso, o *LiveRAC*, possibilita que os usuários possam analisar e planejar de forma adequada o uso dos recursos disponíveis no servidor, para que obtenham um melhor desempenho em suas aplicações.

O trabalho *LikertVis* foi apresentado por (PETRILLO, SPRITZER, FREITAS, & PIMENTA, 2011), trata-se de uma técnica interativa de visualização que ajuda a analisar informações baseada na escala *Likert* de diferentes conjuntos. *Likert* é um tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários e foi introduzida pelo psicólogo *Rensis Likert* em 1932 (LIKERT, 1932).

A escala é formada por uma série de itens, na qual o usuário deve escolher apenas um deles, sendo que o formato típico de um item na escala *Likert* é:

- Não concordo totalmente
- Não concordo parcialmente
- Indiferente
- Concordo parcialmente
- Concordo totalmente

Existem variações da técnica como a exclusão do item “indiferente”, forçando a pessoa a tomar uma posição e/ou mudança dos termos de acordo com o contexto, por

exemplo, “muito efetivo” até “nada efetivo”, ou ainda, “muito importante” até “nada importante”.

A técnica é baseada em uma tabela híbrida e visualização de gráficos de barras que proveem uma ferramenta interativa para apoio a exploração destes dados, essa abordagem foi inspirada no *ScatterDice* (ELMQVIST, DRAGICEVIC, & FEKETE, 2008) onde o usuário pode navegar em uma matriz de *ScatterPlot* e interagir com cada gráfico individualmente.

Selecionando um gráfico da matriz (veja área 1, Figura 2.18) será mostrado o painel de detalhes (veja área 2, Figura 2.18), abaixo deste painel é possível ver as estatísticas básicas e, abaixo deste (veja área 4, Figura 2.18), é possível filtrar o grupo de gráficos, removendo alguns de acordo com o percentual total de cada resposta. Com isso, proporcionando uma visualização dinâmica que utiliza a interatividade e representatividade de gráficos tradicionais para apoiar as análises baseadas na escala *Likert*.

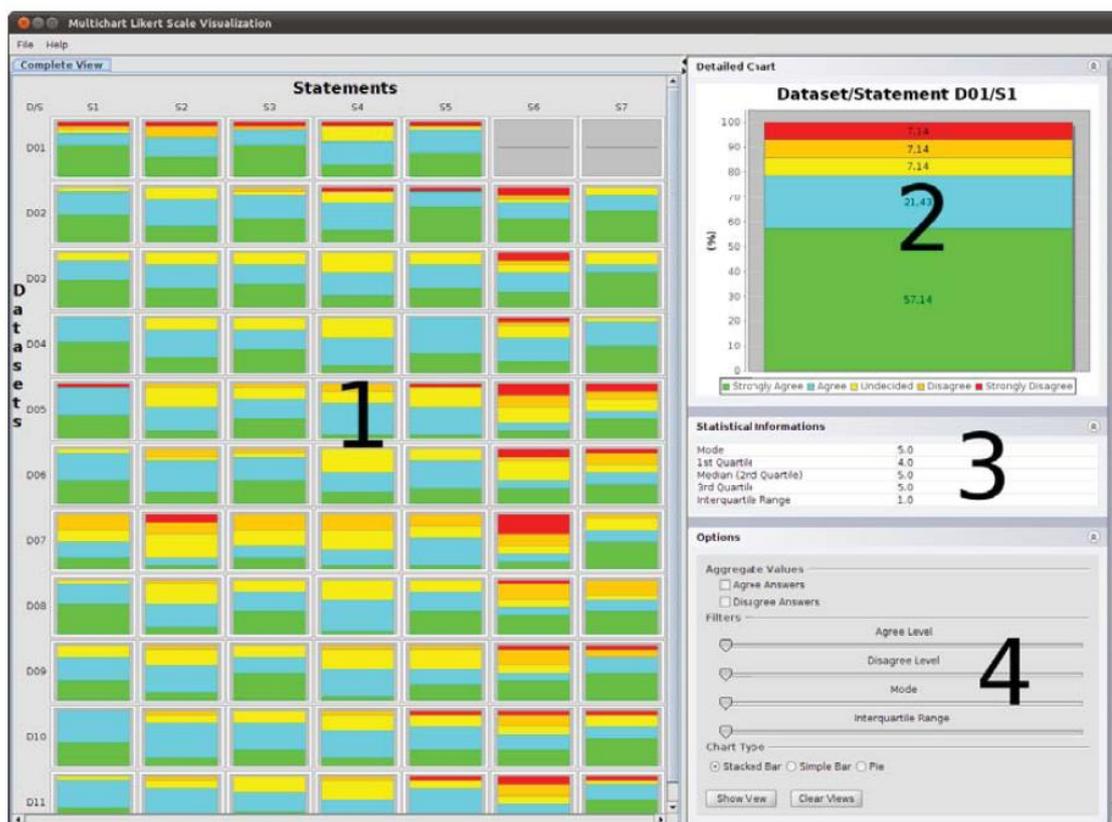


Figura 2.18 Visualização padrão do LikertVis (PETRILLO, SPRITZER, FREITAS, & PIMENTA, 2011).

Os gráficos tradicionais além de serem utilizados no ambiente bidimensional, podem facilmente serem adaptados para o contexto tridimensional, é o que aborda o trabalho de Lutz e Diehl (LUTZ & DIEHL, 2010) que apresentou o *ChartFlight*, trata-se de uma

técnica para distribuição espacial de dados estatísticos. Para isso, é utilizada uma representação 3D de gráficos de pizza, barras e linhas, onde a câmera navega sobre um mapa, no qual é mostrado esses gráficos de forma animada conforme a região.

Para gerar a movimentação de câmera foram considerados 2 parâmetros de entrada, um mapa tridimensional e uma tabela ordenada na localização de cada um dos gráficos sobre o mapa. A movimentação da câmera ocorre através de uma linha reta tracejada entre as localizações do gráfico, sendo a velocidade de movimentação da câmera um parâmetro configurável. No entanto, essa abordagem se limita a gerar um vídeo com um roteiro para a navegação da câmera que pode ser configurado pelo usuário.

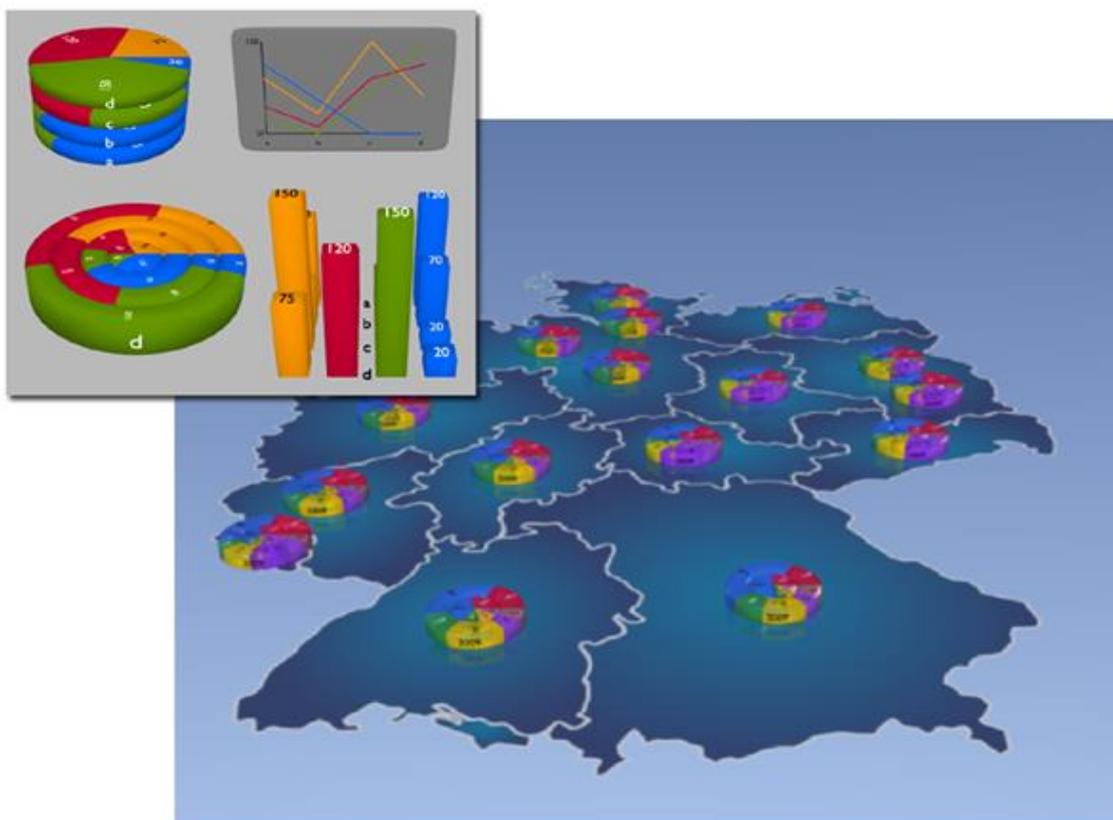


Figura 2.19 Conjunto de gráficos 3D e imagem do vídeo gerado pelo ChartFlight (LUTZ & DIEHL, 2010).

O trabalho *Pixel Bar Charts* (KEIM, Hao, DAYAL, & HSU, 2002) apresentou uma generalização do tradicional gráficos de barras que permite a visualização de um grande volume de dados. A proposta inicial é usar os *pixels* dentro de cada barra do gráfico para detalhar a informação de um banco de dados, de modo a manter a intuição e simplicidade de um gráfico de barras convencional.

Dessa forma, cada registro do banco de dados é representado por um único *pixel* e o detalhamento de cada atributo é codificado na cor do *pixel*. Para sua distribuição foram

elaborados uma série de algoritmos para otimização da visualização na base de dados, de modo a organizar os *pixels* de forma eficiente ao longo das barras.

Como uma definição geral para a *Pixel Bar Charts*, é preciso as seguintes ações no banco de dados:

- Dividir atributos entre as barras;
- Ordenar os atributos dentro de cada barra;
- Colorir cada atributo;

A Figura 2.20 ilustra a distribuição de determinado produto ao longo do ano, onde as cores presentes em cada barra representam a incidência de possíveis clientes que compraram esse produto. Com isso, essa visualização pode ser aplicada a *sites* de *e-commerce*, para auxiliar a identificar perfis de compra, ou até mesmo, pessoas que cadastram as compras mas não as finalizam, pois em geral, ou esses dados são perdidos nas transações ou geram inúmeros registros nas tabelas do banco, inviabilizando uma análise detalhada.

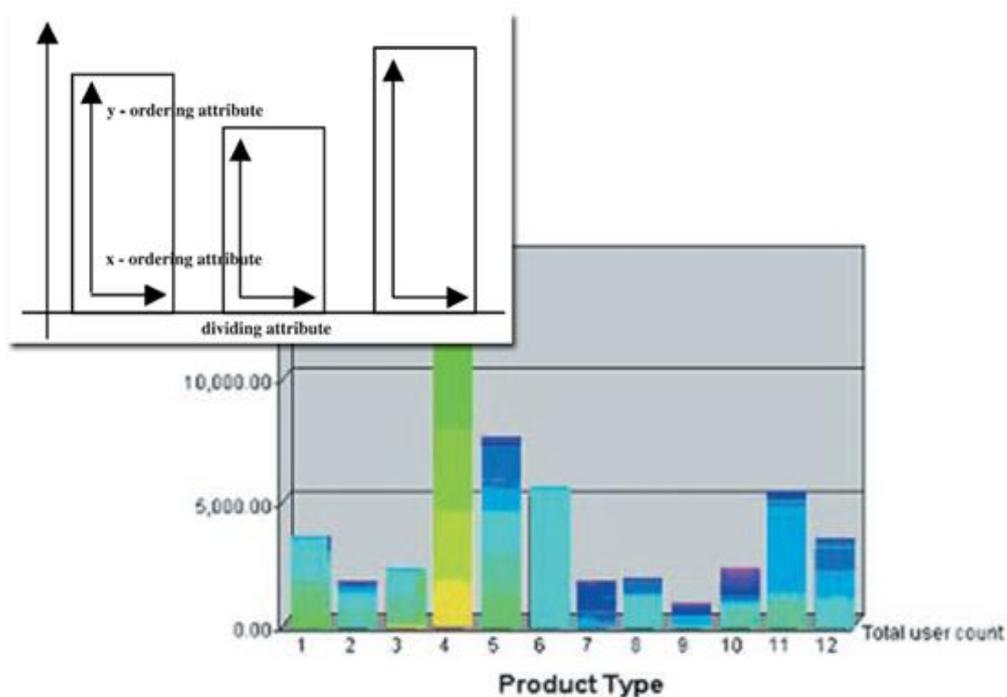


Figura 2.20: *Pixel Bar Charts* (KEIM, Hao, DAYAL, & HSU, 2002)

Essa visualização, assim como as demais, exemplificam formas de utilizar gráficos tradicionais para representar conjuntos variados de dados, com tudo a diferença é que hoje as técnicas de visualização estão cada vez mais sofisticadas, devida a exigência do usuário, logo visualizações com gráficos tradicionais como: pizza, linha ou barras que não sejam adaptadas para o contexto móvel ou que não possuam recursos elaborados interação, podem perder notoriedade mediante a técnicas mais elaboradas de visualização. No capítulo 3 será

apresentada a proposta de ferramenta de análise visual, evidenciando as suas principais contribuições e vantagens relacionadas aos trabalhos aqui relatados.

2.3 Interação baseada em gestos em dispositivos móveis

Com os avanços tecnológicos que ocorreram na arquitetura e *design* de computadores pessoais para dispositivos portáteis, a interação que ocorria por meio do *mouse* e teclado foi adaptada para um contexto com mobilidade além do tamanho dos *displays* nesses dispositivos.

A interação baseada em gestos caracteriza-se como a utilização de aspectos relacionados a comunicação humana, seja com as mãos ou com o corpo, como forma de interação (ZUFFEREY, 2009). Esse conceito é motivo de pesquisa há alguns anos, sendo um exemplo pioneiro o trabalho sobre *DataGlove* de 1987 (ZIMMERMAN, LANIER, BLANCHARD, BRYSON, & HARVILL, 1987), que descreve a utilização de uma luva com sensores capaz de captar o movimento da mão de um indivíduo, utilizando-o como interface com um computador.

Desde então, esse tipo de interação foi sendo aprimorado e adaptado para contextos complexos como, por exemplo, a captação de movimentos de pessoas reais, através da tecnologia *Motion Capture*, para dar vida a personagens fictícios. No entanto, no contexto móvel, a interação com gestos é simplificada apenas para o uso de captar os movimentos dos dedos das mãos.

Com isso surgem algumas abordagens, como a possibilidade de interação *single-touch*, na qual é utilizado apenas um dedo como toque para interação, e a opção *multi-touch*, onde é possível utilizar mais dedos simultaneamente. Existem vários trabalhos na literatura que apresentam e exploram todos os movimentos possíveis. As empresas *Apple* (APLLEGESTURES, 2014) e *Google* (GOOGLEGESTURES, 2014) disponibilizam instruções e códigos específicos para programadores. Na Tabela 2, são apresentados os principais gestos utilizados em aplicações para dispositivos móveis, os quais são utilizados nesta proposta.

Tabela 1. Principais gestos utilizados em dispositivos móveis adotados por esta propostas.

Gestos	Descrição
Tap to click 	Um simples toque
Touch and hold 	Um toque prolongado

	<p>Arrastar pressionando, pode ser vertical ou horizontal</p>
	<p>Aproximar ou afastar os dedos em pinça, usado como Zoom-out e Zoom-in</p>

Fonte: Adaptado de (JENSEM & JUSTESEN, 2011).

A empresa HP realizou uma pesquisa com 6.000 pessoas em toda a Europa, a qual apontou que entre todos os principais gestos o *Drag* horizontal é compreendido em interfaces por 89% das pessoas e o vertical por 74% e que 48% das pessoas identificam o movimento de *Pinch* como *Zoom* em aplicações móveis (HP-SEARCH, 2014). Com isso, toda vez que um projeto de interface de *software* é desenvolvido para dispositivos móveis, esses movimentos devem ser considerados, de forma a facilitar a compreensão da aplicação pelos usuários.

Nesta proposta de dissertação, optou-se por utilizar todos os gestos descritos na Tabela 2, pela familiarização com os usuários e pelo fato desses gestos estarem implementados na maioria dos dispositivos móveis.

3 VISUALIZAÇÃO INTERATIVA DE DADOS MULTIDIMENSIONAIS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS BASEADA EM GRÁFICOS TRADICIONAIS DINÂMICOS

Esta dissertação propõe um modelo interativo de visualização destinado inicialmente a suprir parte das necessidades de análise identificadas por geólogos após simulações com o software *GWB*. O modelo foi expandido para atender conjuntos de dados multidimensionais gerais. Nas próximas seções, serão apresentados os requisitos levantados para a elaboração do modelo, além de abordar aspectos relacionados à modelagem da interface e da interação.

3.1 Principais requisitos levantados para o modelo de visualização

Durante o período de trabalho junto aos geólogos, alguns requisitos iniciais foram estabelecidos para o modelo de visualização:

- Usar uma abordagem baseada em gráficos de áreas, devido à familiaridade que eles possuem com esse tipo de gráfico, os quais são usuais na representação de informações geológicas;
- Analisar várias simulações ao mesmo tempo, de modo que fosse fácil identificar visualmente qual simulação é a mais relevante para um determinado contexto.

A esses requisitos acrescentamos outros, voltados para a visualização de dados em dispositivos móveis, constatada como uma tendência crescente atualmente:

- Possibilitar que as análises sejam realizadas em *tablets*, de modo a utilizar seus mecanismos de interação;
- Ser flexível o bastante, para permitir a integração com diferentes bases de dados multivariados, para futuros avanços no modelo.

Com base nesses requisitos iniciais a proposta foi elaborada de forma a atender, tanto demandas existentes do projeto motivador do modelo, quanto a possibilidade de explorar o uso de técnicas visuais que utilizem o potencial de interação presentes em dispositivos móveis.

As próximas seções explicam como os mecanismos de interação mencionados na seção 2.3 foram mapeados para o modelo de interface visual proposto.

3.2 Consulta por deformação e organização dos dados no formato “Mesa de Gráficos”

Esse primeiro modelo visa possibilitar que sejam realizadas consultas na base de dados através de um mecanismo de deformação direto no gráfico de área, possibilitando que o usuário apenas interaja com o gráfico para realizar suas análises. Com isso, as dimensões de interesse do usuário são dispostas nesse gráfico e analisadas conforme a sua distribuição em percentual.

Esse modelo se torna útil na medida em que é necessário avaliar o comportamento das dimensões em diferentes tipos de ocorrências. Por exemplo, cada gráfico de área pode corresponder a uma filial de uma empresa, e o interesse pode ser consultar qual produto obteve maior percentual de venda em relação a todas as filiais, ou ainda os gráficos podem representar diferentes estados de um país, para identificar o nível de escolaridade da população, ou qual tipo de doença atinge uma determinada região com maior frequência ou, ainda, conjuntos de simulações. As aplicações são inúmeras de modo que, ao utilizar um sistema de consulta interativo direto no gráfico o usuário ganha em simplicidade de interação, além do contexto de análise ser mantido.

Quando a aplicação é inicializada, um gráfico de área é disponibilizado, sendo que a escolha do gráfico inicial ocorre de forma aleatória. Para que sejam realizadas as consultas, o usuário pode manipular cada área individualmente. As consultas ocorrem quando o gráfico inicial é deformado pelo usuário, seja aumentando ou diminuindo o tamanho da área em questão. Com isso, ao término dessa interação, um conjunto de gráficos de área é carregado, como resultado inicial da consulta.

Após a interação, o gráfico inicial que foi manipulado é posicionado no centro do *display* do dispositivo com seus dados originais; os demais gráficos, organizados ao seu redor, possuem similaridade com a deformação indicada pelo usuário, sendo o resultado da consulta apresentado na forma da “Mesa de Gráficos”.

Com isso, o usuário escolhe dentre os gráficos apresentados, qual ou quais apresentam um melhor resultado, podendo realizar novas consultas para buscar novos gráficos para compor a Mesa de Gráficos. O *storyboard* apresentado na Figura 3.1 mostra a interação de consulta e organização no formato Mesa de Gráficos.

Existe a possibilidade do usuário marcar os gráficos importantes como resultado de uma pesquisa através de um *single-tap*. Esses gráficos ficarão sinalizados com uma borda amarela ao seu redor e não serão substituídos nem movidos de seus lugares quando for realizada uma próxima consulta. Já com um *double-tap*, o usuário entra em modo de interação com o gráfico escolhido. A Figura 3.2 ilustra as interações com *single-tap* e *double-tap*.

Ao terminar a operação de *double-tap*, o usuário estará com o gráfico selecionado em modo *full screen*, pronto para ser deformado novamente (isto é, pronto para consulta), no intuito de buscar outros gráficos na base de dados que sejam similares à distorção inicial. Ao realizar uma nova consulta, a mesa anterior não será perdida, apenas sofrerá modificações.

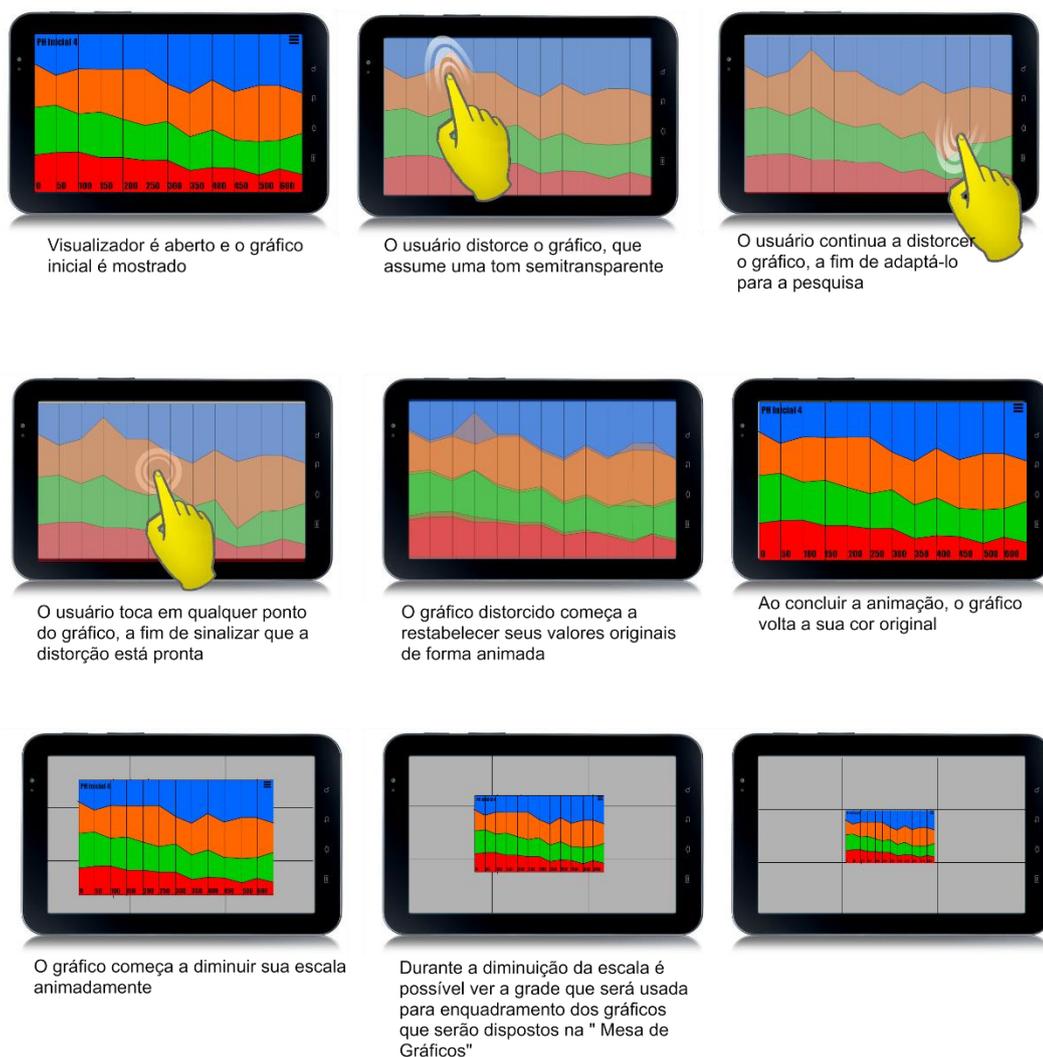


Figura 3.1 *Storyboard* de interação com a Mesa de Gráficos



Figura 3.2 *Single-tap* e *Double-tap* aplicados a um gráfico da Mesa de Gráficos

Os gráficos obtidos como resultado da consulta são dispostos em torno do gráfico original seguindo as seguintes regras:

- Os gráficos são distribuídos por relevância, a partir da região superior esquerda, preenchendo a Mesa de Gráficos com os demais gráficos a partir desse ponto, no sentido horário.

- Durante o processo de distribuição dos gráficos ao redor do principal, a Mesa é realinhada com o objetivo de centralizar o gráfico em foco na tela do dispositivo.
- Os gráficos ao redor vão sendo substituídos à medida que não estão bloqueados.
- Se, na lista de gráficos resultantes da consulta, houver um gráfico que já foi obtido como resultado de consultas anteriores, este será redirecionado para uma nova posição de forma animada.

Os detalhes de interação da reorganização da Mesa de Gráficos, após uma segunda consulta com base nas regras acima, podem ser vistos na Figura 3.3.

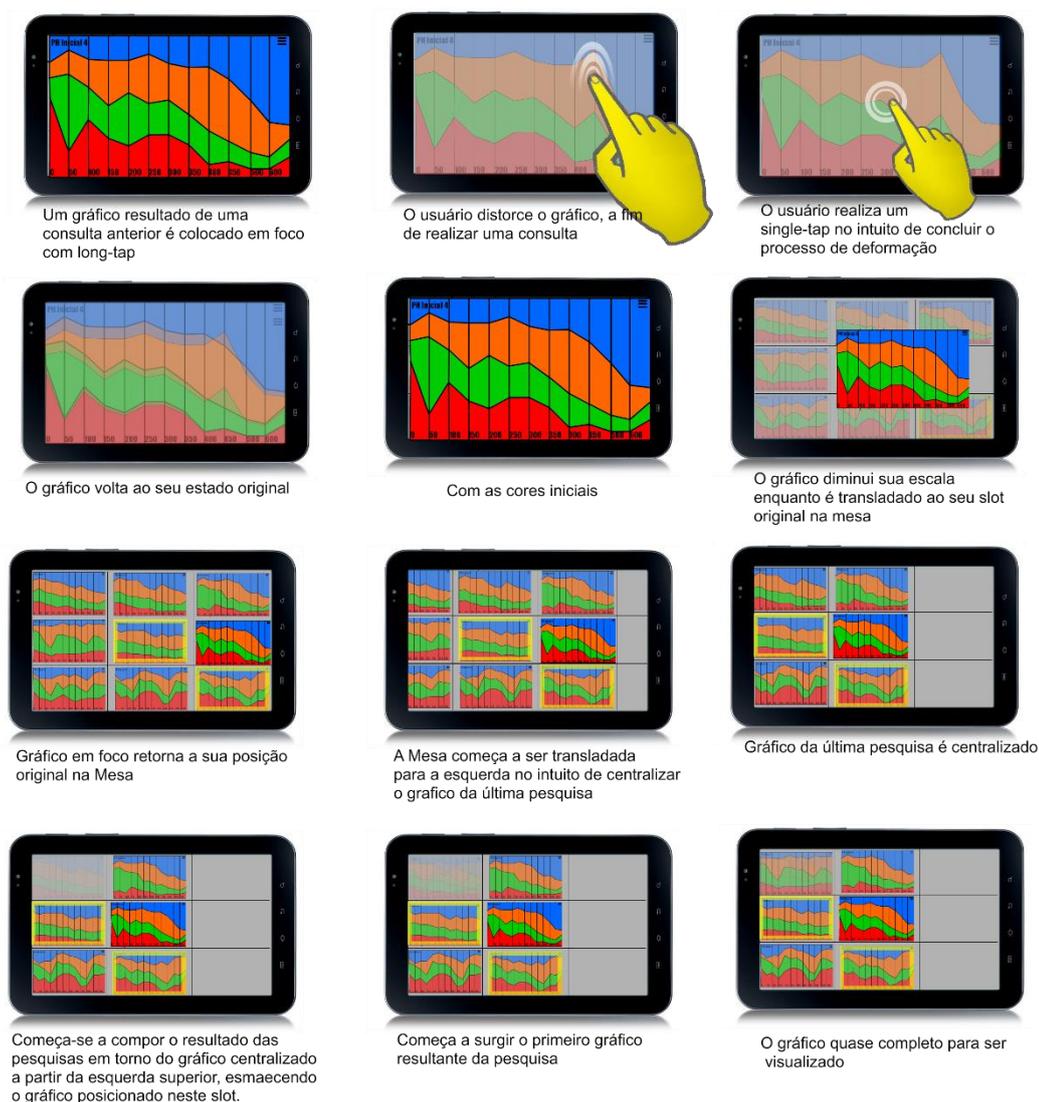


Figura 3.3 *Storyboard* de consulta após uma operação (de consulta) anterior.

A Mesa de Gráficos é uma proposta que visa a navegação de forma intuitiva entre vários conjuntos de gráficos de áreas com a mesma estrutura. Para a navegação são usadas características comumente encontradas em aplicativos de dispositivos móveis, tais

como a *Drag* horizontal e vertical, normalmente utilizados em galerias de fotos e *zoom-out* e *zoom-in* (*pinch*), conforme pode ser observado na Figura 3.4.



Figura 3.4: *Drag*, *Zoom-out* e *Zoom-in*, respectivamente na Mesa com Gráficos.

3.3 Análise de outras dimensões através de Gráficos de Barras

Esse modelo, tem como objetivo possibilitar a visualização de outras dimensões da base de dados, utilizando como abordagem a interação com gráfico de barras, durante a exibição da Mesa de Gráficos. A ideia é que o usuário possa utilizar essa técnica como apoio na tomada de decisão, na escolha do gráfico de área, pois as barras do gráfico, correspondem aos mesmos atributos (áreas) definidos no gráfico de área (representados pelas mesmas cores) fazendo com que o usuário analise a influência das outras dimensões nesse conjunto de dados.

Com isso, o mesmo dado que é visualizado no gráfico de área pode ser visto no gráfico de barras, mas em outro contexto de análise, de modo a identificar a totalidade desse atributo em outras dimensões. Por exemplo, considerando-se que os gráficos de área correspondem a filiais de uma empresa, e as áreas sejam os produtos (*A*, *B*, *C*), uma possível consulta pode ser identificar em quais filiais o produto *B* obteve maior volume de vendas. Com essa primeira abordagem, vários gráficos serão mapeados como possíveis resultados. No entanto, digamos que, se deseja verificar em qual filial houve maior volume de vendas do produto *B* na forma de pagamento à vista: o usuário adiciona a dimensão pagamento à vista e, através do gráfico de barras, pode visualizar o total de vendas de todos os produtos em todas as filiais nesse formato de pagamento.

Essa abordagem de visualização é útil, pois o usuário não perde o contexto das análises, pois a representação do gráfico de área e barras, identifica contextos diferentes, mas ao mesmo tempo, mantém a referência dos dados analisados por meio da utilização das mesmas cores. Esse modelo é relevante, pois os gráficos que são gerados pelas consultas possuem outras dimensões que são importantes na geração desse resultado, as quais podem fazer a diferença na análise como um todo.

Outro exemplo, é o contexto geológico, pois muitas das análises que os geólogos realizam está associada ao percentual de certos componentes químicos ao longo do tempo (Gráfico de área), no entanto, uma informação secundária mas relevante, é saber o total desses componentes que são utilizados como reagentes (auxiliam uma reação a reagir) (gráfico de barras) na evolução do sistema geológico. Nesse caso, essa informação pode definir se o gráfico inicial de área é válido ou não, diferente da abordagem das filiais, no qual o sistema de pagamento à vista é complemento da análise.

Dessa forma, para compor a análise o usuário seleciona uma entre várias dimensões da base para que sejam plotados os gráficos de barras. Essa interação é possível através do gesto *Drag*, que se desloca da extremidade esquerda para a direita do *display*, o que faz surgir uma *Sidebar*, que possibilita a escolha da dimensão a ser visualizada por meio de um *scroll* vertical. A Figura 3.5 mostra o *storyboard* dessa funcionalidade.

Com isso, toda a vez que o usuário realizar o movimento de *Scroll* para troca da dimensão, a visualização mudará de forma suave e animada para que não seja perdida a percepção durante a análise.

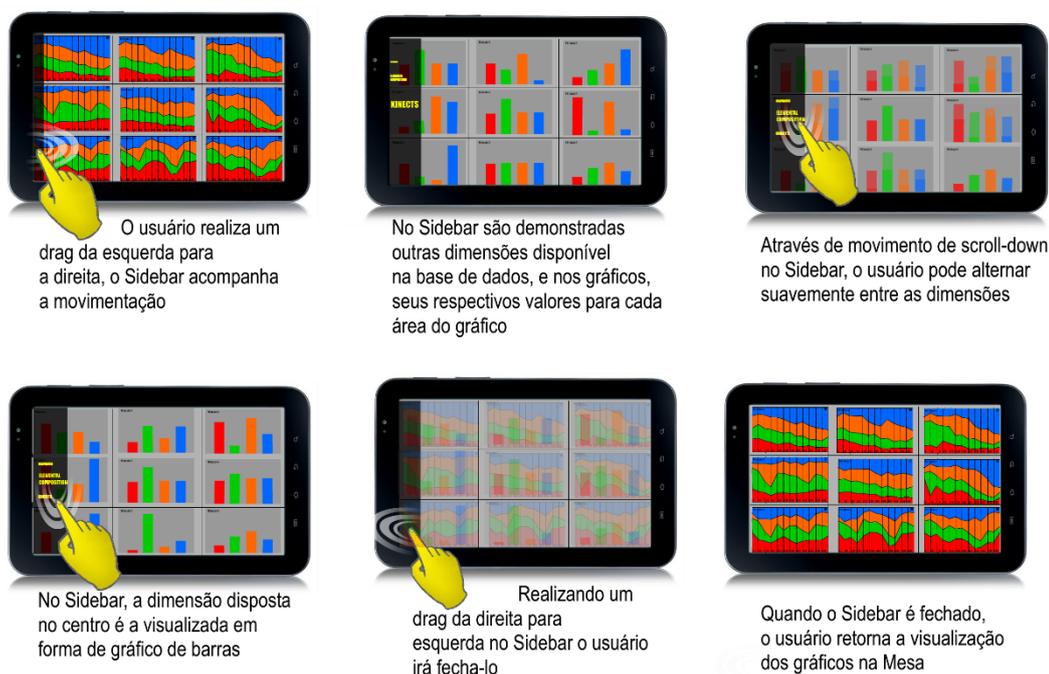


Figura 3.5 *Storyboard* com a utilização de gráficos de barras na visualização.

3.4 Análise das regiões do gráfico de áreas com a abordagem Subárea

Este recurso possibilita que o usuário selecione uma determinada região do gráfico de áreas que deseja analisar na Mesa de Gráficos, e possa identificar quais as outras dimensões que influenciaram na sua composição original, de modo que seja possível decompor a região selecionada analisando detalhadamente como os valores iniciais foram estabelecidos.

Imaginando uma consulta inicial que vise identificar quais produtos foram mais vendidos nas filiais de uma empresa, uma possibilidade é analisar em cada produto (área) qual foi a faixa-etária responsável pelas vendas, ou ainda, qual foi o público alvo que efetuou maior volume de compras (adolescentes, adultos ou idosos). A Figura 3.6 ilustra esse exemplo, com a cor laranja representando um produto qualquer e as cores azul, verde e rosa identificando as três categorias de uma dimensão “público alvo”.

O interessante dessa abordagem é que a largura da região inicial que está sendo analisada é mantida: o que ocorre é uma decomposição dessa região em outras dimensões

no formato de uma subárea, ilustrando como a área inicial foi composta, com base na dimensão selecionada.



Figura 3.6 Visualizando como ocorre a venda do produto representado pelo setor laranja conforme o tipo de público alvo (azul, verde e rosa)

A diferença dessa abordagem para anterior é que os dados que são inicialmente mapeados para o gráfico de área original são dados que possuem influência direta de outras dimensões. Essa funcionalidade é mapeada como um conjunto de subáreas dentro da área original, sendo que quando um determinado gráfico estiver em foco, o usuário pode selecionar quais dimensões deseja visualizar dentro da área do gráfico através de um menu de contexto (que é nativo da plataforma *Android*). Com isso, é possível alternar entre os modos de interação, seja para subárea ou para consulta por deformação no gráfico de área original (conforme descrito na Seção 3.2).

Uma vez que o usuário opte por entrar na análise por subárea, ele pode inserir outras dimensões para serem visualizadas em função da área do gráfico em questão, fazendo com que a área original do gráfico seja subdividida conforme a ocorrência da dimensão escolhida. Para que, esse processo seja intuitivo, a área inicial do gráfico é alinhada no eixo *X* e as demais áreas do gráfico original ficam sombreadas.

Através do movimento de *scroll* vertical no *display*, o usuário pode alternar entre três dimensões selecionadas, sendo que as posições do movimento *Scroll* acima, meio e abaixo correspondem a cada dimensão definida anteriormente para a análise na subárea. O detalhamento dessas interações pode ser visto no *storyboard* da Figura 3.7.

Além disso, é possível acompanhar uma legenda que é mostrada junto com a subárea, de modo a indicar ao usuário qual dimensão está sendo exibida no momento da interação. Um exemplo de legenda pode ser observado na Figura 3.8.

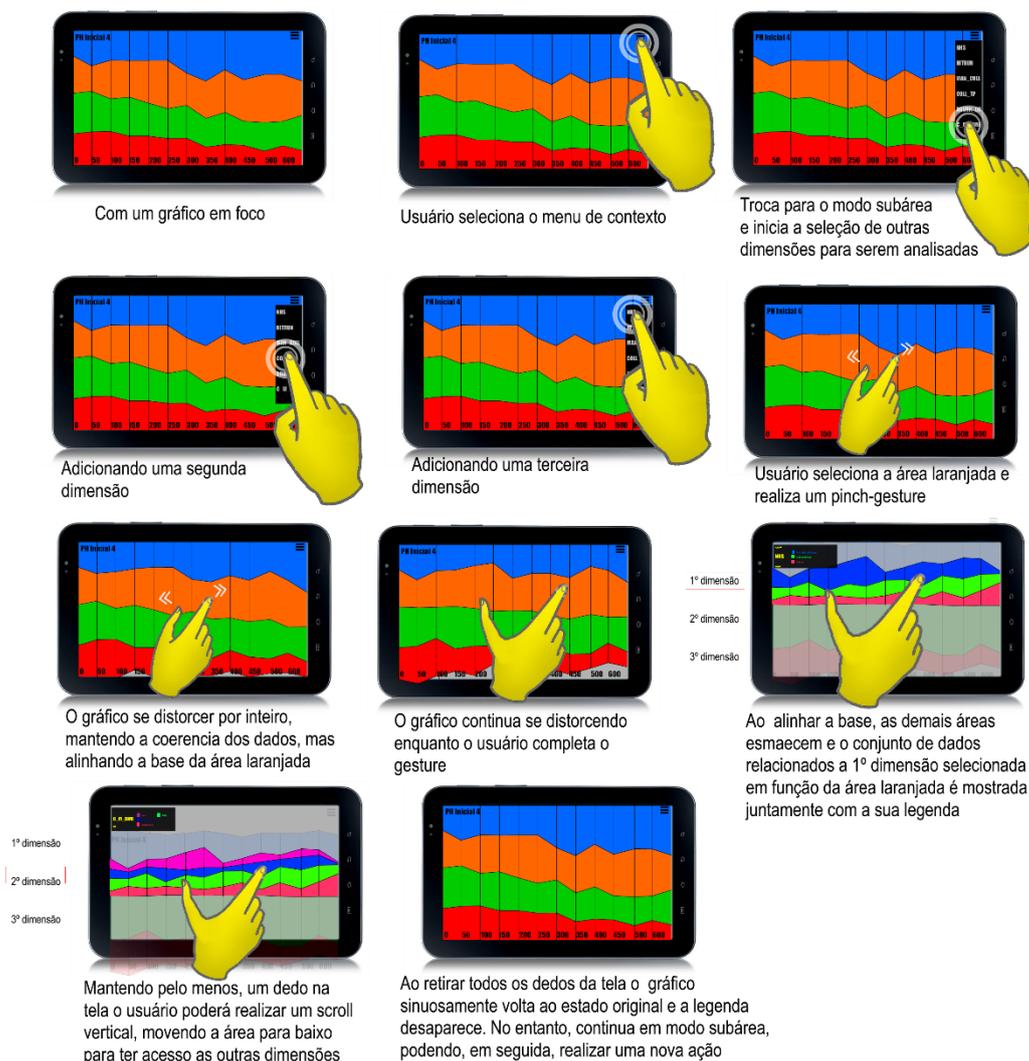


Figura 3.7 *Storyboard* mostrando a utilização da técnica análise por Subárea.



Figura 3.8 Legenda para subárea

4 DETALHAMENTO DA PROPOSTA DE INTERAÇÃO COM GRÁFICOS

Esse capítulo detalha os aspectos matemáticos e estatísticos que foram utilizados para a elaboração dessa proposta, considerando como base o modelo do gráfico de área e todas as alterações que são realizadas em função da sua manipulação pelo usuário. A ênfase dada nesse capítulo é o modelo de correlação, devido a sua importância para as consultas na base de dados, tal como implementado neste trabalho.

4.1 Gráficos de Área

Conforme já mencionado, o gráfico de área é um tipo específico de gráfico usado para mostrar totais acumulados ou percentuais ao longo de uma série. Ele foi adotado nesta proposta em função dos requisitos levantados para a exibição de dados de simulação no projeto motivador.

De maneira geral, a proposta de visualização desta dissertação foi definida para tratar um grande volume de dados com várias dimensões, podendo estas serem formadas tanto por valores quantitativos quanto categóricos.

Genericamente, define-se essa proposta como um conjunto de n gráficos G_i de área, sendo que, para cada G_i tal que $0 < i < n$, tem-se um conjunto que determina as diferentes áreas que compõem G_i , sendo p o número total de áreas. A área total do gráfico G_i é denotada por A_i . É requisito que todos os gráficos tenham o mesmo número de áreas p , para qualquer gráfico de G , e seus respectivos elementos A_i possuam as mesmas posições em A_{i+1} ou qualquer outro valor de i . Isso define, por exemplo, que se A_0 está dividida em 3 áreas correspondendo a, respectivamente, atributos *Anite*, *Dolomite* e *Quartz*¹, então, para qualquer outra área A_i , $0 < i < n$, também haverá os mesmos três atributos nesta ordem. Normalmente, cada área possui uma cor distinta, a qual é usada para todos os gráficos, representando a mesma dimensão.

Enfim, para cada A_{i_p} , existe um conjunto $Y_{i_p} = \{y_{i_{p_1}}, y_{i_{p_2}}, y_{i_{p_3}}, \dots, y_{i_{p_r}}\}$, tal que cada elemento de um conjunto $Y_{i_{p_1}}$ corresponde a um valor percentual da área p para ser plotado na ordenada. Por exemplo, $y_{i_{p_1}}$ é valor percentual de uma área p de um gráfico i em relação ao valor 0 na abcissa e $y_{i_{p_r}}$ é o seu último valor.

Quando um gráfico G_i é visualizado, é realizado um cálculo para X' , o qual define a plotagem em distâncias iguais para cada elemento de X_i em relação à largura disponível em pixels para o gráfico.

¹ Minerais que fazem parte dos dados de uma simulação.

$$X'_j = X_j * \left(\frac{r}{WIDTH} \right)$$

sendo:

- j representa o índice do atributo no eixo das abscissas do gráfico
- $WIDTH$ é a largura em pixels disponível para plotagem do gráfico no dispositivo.

Uma vez que Y_{i_p} indica os dados percentuais, é necessário realizar uma transformação linear para poder calcular sua altura absoluta em relação ao *display* do dispositivo. Em um primeiro momento, define-se a largura em pixel de cada $Y_{i_{pr}}$ através da equação a seguir, onde $HEIGHT$ é a altura em pixel da tela do dispositivo:

$$Y'_{i_{pr}} = \frac{HEIGHT * Y_{i_{pr}}}{100}$$

No entanto, ainda é necessário plotar os valores em suas posições absolutas para $Y_{i_{pr}}$. Para a plotagem na tela do dispositivo, deve ser considerada a soma de todas as larguras das áreas. Por exemplo, na Figura 4.1 tem-se as áreas para os minerais *Anite*, *Dolomite* e *Quartz* respectivamente. Considerando $Y'_{i_{3_1}}$, a largura do primeiro valor da abcissa da área do *Quartz* de um gráfico i , pode ser deduzido que $Y'_{i_{2_1}}$ é relacionado a *Dolomite* e $Y'_{i_{1_1}}$ é relacionado a *Anite*.

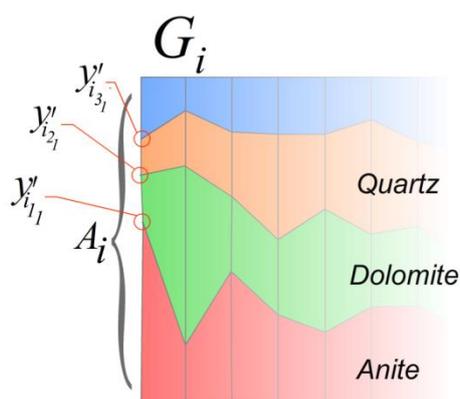


Figura 4.1 Exemplo de pilhas de áreas

Devido ao *Quartz* ser o terceiro de uma pilha de áreas, este precisa acumular as larguras das áreas anteriores (*Dolomite* e *Anite*) para obter o valor absoluto para a plotagem de $Y'_{i_{3_1}}$. Dessa forma, a equação acima é estendida a fim de adicionar o somatório das espessuras das áreas anteriores à atual.

$$Y'_{i_{pr}} = \sum_{a=0}^p \left(\frac{HEIGHT * Y_{i_{ar}}}{100} \right)$$

Para fins didáticos, isso é mostrado na Figura 4.2 como um resumo dessa seção.

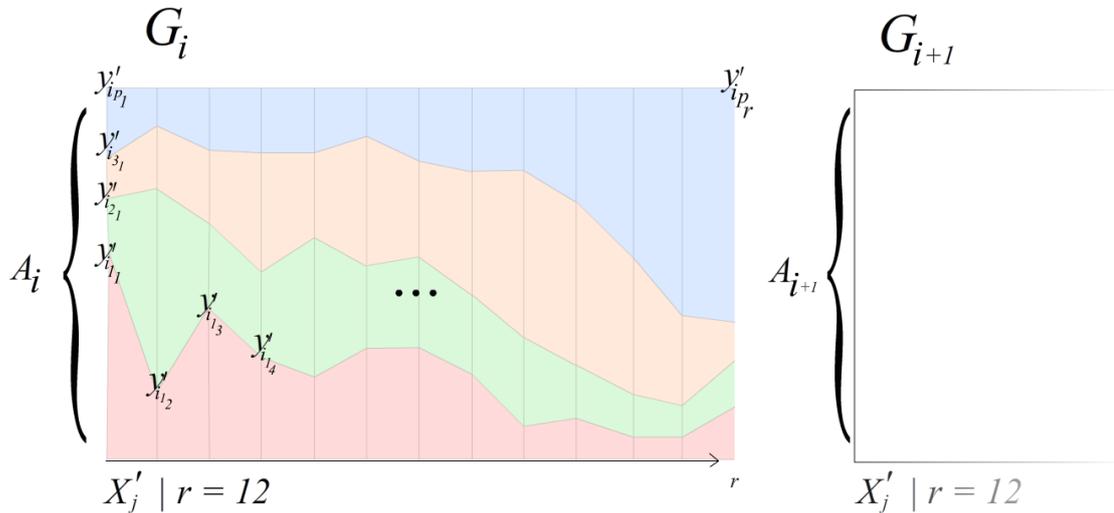


Figura 4.2 Relação entre conjuntos de dados e os gráficos de área

4.2 Correlação Cruzada

Correlação cruzada é uma técnica estatística para análise de semelhanças entre sinais, muitas vezes, sendo usada para achar relação de um sinal curto dentro de um longo. É normalmente usada em processamento de sinais e reconhecimento de padrões, sendo conhecida como relação cruzada (SHUMWAY & STOFFER, 2006). É semelhante à convolução de duas funções (SHUMWAY & STOFFER, 2006). Na análise de duas séries, a correlação cruzada pode ser definida com uma função normalizada de covariância cruzada entre as séries.

Durante a interação na técnica de visualização aqui apresentada, o objetivo da análise de correlação cruzada é verificar, dentre os conjuntos de dados na base, quais possuem maior semelhança com o conjunto de dados que seria representado pelo gráfico deformado pelo usuário.

O processo de correlação cruzada é feito através da análise de duas séries de dados distintas. A definição original de correlação cruzada pode ser observada na equação abaixo a qual considera duas séries diferentes: $V = \{v_1, v_2, v_3 \dots v_n\}$ e $U = \{u_1, u_2, u_3 \dots u_n\}$ com o objetivo de determinar uma correlação *result*.

$$result = \frac{\sum_{q=0}^n [(v_q - m_v) * (u_{(q-d)} - m_u)]}{\sqrt{\sum_{q=0}^n (v_q - m_v)^2} \sqrt{\sum_{q=0}^n (u_{(q-d)} - m_u)^2}}$$

onde:

m_u é a média aritmética dos elementos de U

m_v é a média aritmética dos elementos de V

d define um intervalo de translação entre os elementos de U para comparação com V .

O impacto de diferentes valores para d pode ser observado na Figura 4.3. Este tem por objetivo transladar a série U em relação a V no cálculo de correlação cruzada. No entanto, o cálculo da correlação dos valores de ambas as séries só pode ser feito quando $d = 0$, uma vez que para $d \neq 0$, os elementos das séries não serão comparados em suas posições correspondentes.

Por exemplo, considerando q uma variável inteira que é usada como índice para os elementos de U e V , se $d = 0$, tem-se a correlação entre os elementos de ambos conjuntos analisados em pares de V_q e U_q . Em outro exemplo, se $d = -1$, tem-se os pares entre os elementos de U e V analisado como V_q e $U_{(q-1)}$. Dessa forma, define-se que a análise dos pares dá-se através de V_q e $U_{(q-d)}$.

Uma vez que $d \neq 0$ implicará em elementos nos limites esquerdo e direito que não terão par correspondente na outra série, quando isso ocorre, esses valores são ignorados do cálculo.

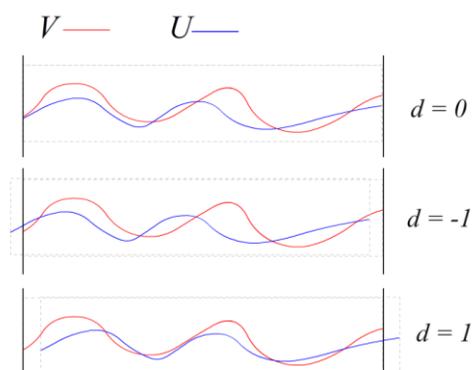


Figura 4.3 Exemplo de diferentes valores para d no processo de correlação entre séries

O valor calculado de *result* indica a correlação entre as séries V e U como segue:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{result} < -0.75: \text{alta correlação inversa} \\ \text{result} < -0.5: \text{correlação inversa mediana} \\ \text{result} = 0: \text{nenhuma correlação} \\ \text{result} > 0.5: \text{correlação mediana} \\ \text{result} > 0.75: \text{alta correlação} \end{array} \right.$$

A Figura 4.4 exemplifica as diferentes formas de correlação que duas séries podem ter para $d = 0$.

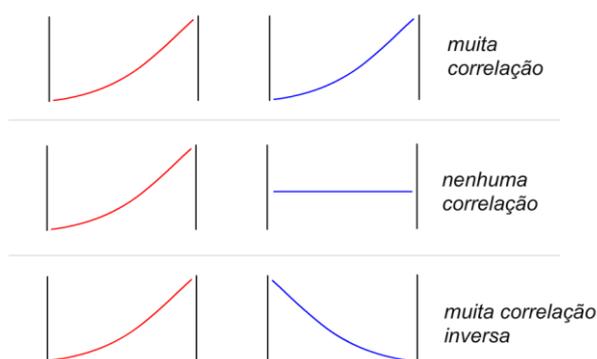


Figura 4.4 Exemplo de correlação entre duas séries

Para essa proposta são considerados os valores com alta correlação ou correlação mediana, para identificar a similaridade das séries. A próxima seção ilustra como esse modelo é aplicado nessa proposta.

4.3 Correlação cruzada para consulta entre os gráficos

A correlação cruzada nesta proposta visa encontrar quais gráficos de área são similares ao gráfico deformado durante a consulta. Para isso, é calculada a soma da correlação entre os valores percentuais das respectivas áreas.

Desta forma, considerando que se tenha um gráfico k , que é o resultado da distorção feita pelo usuário, tem-se $\forall i \in \mathbb{N}$: $CORR(k, G_i)$.

$$COOR(k, G_i) = \sum_{a=1}^p \left(\frac{\sum_{b=0}^t [(y'_{k_{ab}} - m_{k_a}) * (y'_{i_{a(b-d)}} - m_{i_a})]}{\sqrt{\sum_{b=0}^t (y'_{k_{ab}} - m_{k_a})^2} \sqrt{\sum_{b=0}^t (y'_{i_{a(b-d)}} - m_{i_a})^2}} \right)$$

onde:

p = total de séries para qualquer gráfico

t = número de valores da abscissas

d = um intervalo de translação entre as respectivas séries de k para comparação com G_i .

m_{k_a} = média aritmética do conjunto Y'_{k_a}

m_{i_a} = média aritmética do conjunto Y'_{i_a}

O somatório da equação acima tem o objetivo de totalizar o resultado de correlação das áreas (séries) respectivas nos gráficos. Estas séries são analisadas em separado; seus valores são somados, como descrito na Seção 4.2, e o resultado para a correlação entre séries pode variar entre 1, que representa alta correlação positiva, e -1, que define alta correlação negativa.

A Figura 4.5 mostra como se dá a obtenção das séries para cálculo de correlação cruzada. A soma do resultado das três análises de correlações cruzadas corresponde a $COOR(k, G_i)$, considerando que k é o gráfico da esquerda e G_i , o gráfico da direita.

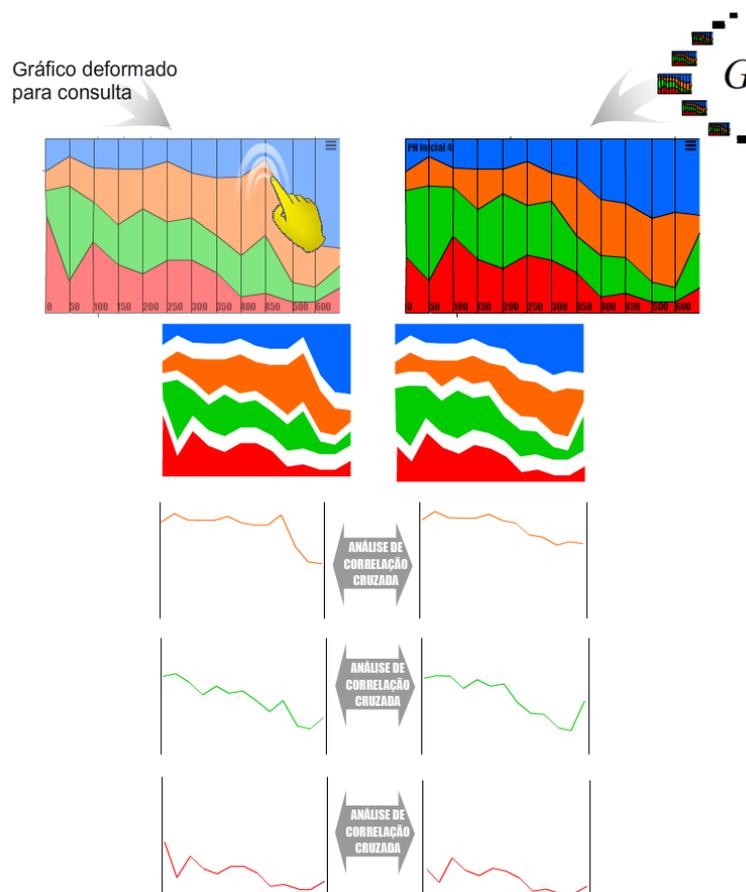


Figura 4.5 Exemplo da transformação das áreas necessária para realizar as análises de correlação cruzada entre um gráfico deformado e outro da base

4.4 Cálculo para deformação do gráfico

O processo de interação com o gráfico é feito por *single Drag*, sendo a interação do usuário calculada 24 vezes por segundo (taxa básica de amostragem para animação computadorizada).

Considerando a formalização do gráfico de área (Seção 4.1), define-se um componente t como a medida de interação em um determinado instante, o intervalo entre $[t_1 \dots t_{24}]$ representa 1 segundo real de manipulação do usuário. Cada ponto em $D_t(q, w)$ é um par ordenado que representa a posição do toque no instante t que o usuário realiza no *display* do *tablet*, onde q e w representam, respectivamente, as posições ao longo do eixo horizontal e vertical que foi tocada.

Com isso, pode-se considerar que, para o tempo t , qualquer ponto $P_t(X'_p, Y'_{j_p})$ dado pela combinação de p e j de um gráfico resulta em $P'_t(X'_p, Y''_{j_p})$ tal que:

$$P'_t(X'_p, Y''_{j_p}) = \left(X'_p, Y'_{j_p} + \frac{(w_t - w_{(t-1)}) * c}{(\|D_t(q, w) - P_t(X'_p, Y'_{j_p})\|)^2} \right)$$

onde c é uma constante que define o nível de influência do vetor de força vermelho na Figura 4.6, que mostra este modelo.

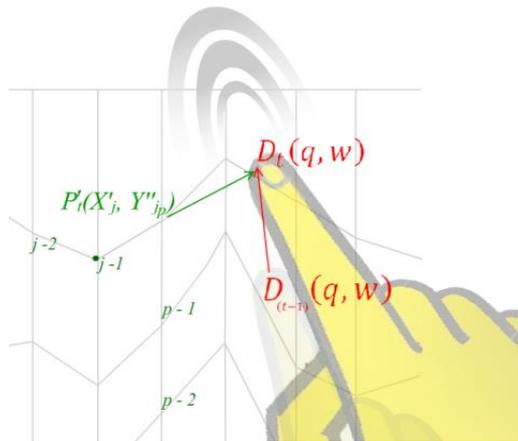


Figura 4.6 Cálculo para deformação do gráfico

O valor utilizado para c foi 1000. No entanto, quanto maior o valor de c , maior é a resposta ao deslocamento que o usuário está realizando com o *single drag*.

5 CENÁRIOS DE USO DA TÉCNICA PROPOSTA

Nesse capítulo serão apresentados os estudos de casos que exemplificam o uso da ferramenta proposta.

Como ferramentas de desenvolvimento, esse trabalho utilizou-se a plataforma *Android Studio* e um *tablet* Motorola XOOM 2 com processador *Dual Core* com *display* de 8.2 polegadas e memória de 1 GB, sistema operacional *Android*, o qual mostrou desempenho satisfatório para o processamento dos dados em memória.

Inicialmente, será mostrado como a base de dados de simulações com o *GWB* foi adaptada a esse contexto e, em um segundo momento, como a base *FARS* de acidentes em estradas nos EUA entre 1970 e 2007 (CHAND, 2007) foi explorada com essa técnica. Para isso, será elaborada uma breve descrição dos dados além de exemplificar quais análises são pertinentes em cada contexto.

O primeiro estudo de caso foi realizado em conjunto com um especialista em geoquímica, pesquisador do projeto já mencionado e usuário do software *GWB*. Já o segundo estudo de caso, ilustra um cenário realizado por uma pessoa leiga, curiosa em analisar os dados da base de dados *FARS*.

5.1 Cenário 1 – Dados de simulações realizadas com o *GWB*

Uma das práticas rotineiras de geólogos analisando simulações no software *GWB* é avaliar a evolução de parâmetros geoquímicos e identificar quais minerais precipitam (surgem) ao longo do tempo devido às reações geoquímicas simuladas.

A estrutura de uma simulação obtida como resultado do software *GWB* é composta por um conjunto de *steps* (100, no nosso estudo), os quais agrupam um conjunto de dados, tais como: listas de parâmetros, reagentes, minerais resultantes, entre os outros dados, conforme a Figura 5.1.

Em termos de análise, os geólogos concentram-se em 4 grupos de dados para estabelecer suas interpretações.

Lista de Parâmetros: esses dados representam as condições iniciais para que uma determinada reação ocorra. Para isso essas informações são obtidas através de amostras de rochas (testemunhos) descritos em análises petrográficas. Estas tem por finalidade extrair as características mineralógicas e químicas das rochas. Dessa forma, essas informações serão tratadas como entrada no simulador.

Esses dados iniciais estão todos definidos na lista de parâmetros do *Step 0*, e, a partir do próximo *Step*, novas transformações começam a ocorrer. Nesse conjunto de dados, as principais variáveis para análise são:

- Potencial Hidrogênio (*pH*): indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada solução.

- **Step:** armazena um conjunto de informações, conforme a Figura 5.1, e indica o tempo de simulação. Nesse caso, é através do tempo de simulação que se identifica a velocidade com que ocorrem as reações.

Lista de Reagentes: indicam quais componentes (minerais e elementos químicos) estão presentes na solução, inicialmente, e que poderão reagir formando novos componentes ao longo da simulação. Podem ser obtidos através das análises petrológicas ou da literatura.

Lista de Minerais Saturados: são os minerais que estão sendo precipitados durante a reação, sendo de suma importância para os geólogos, pois é através da formação desses minerais que pode-se definir a potencialidade da rocha conter óleo ou gás.

- **Lista de Composição dos Elementos:** representa a quantidade dos elementos químicos e minerais que existem ainda para reagir

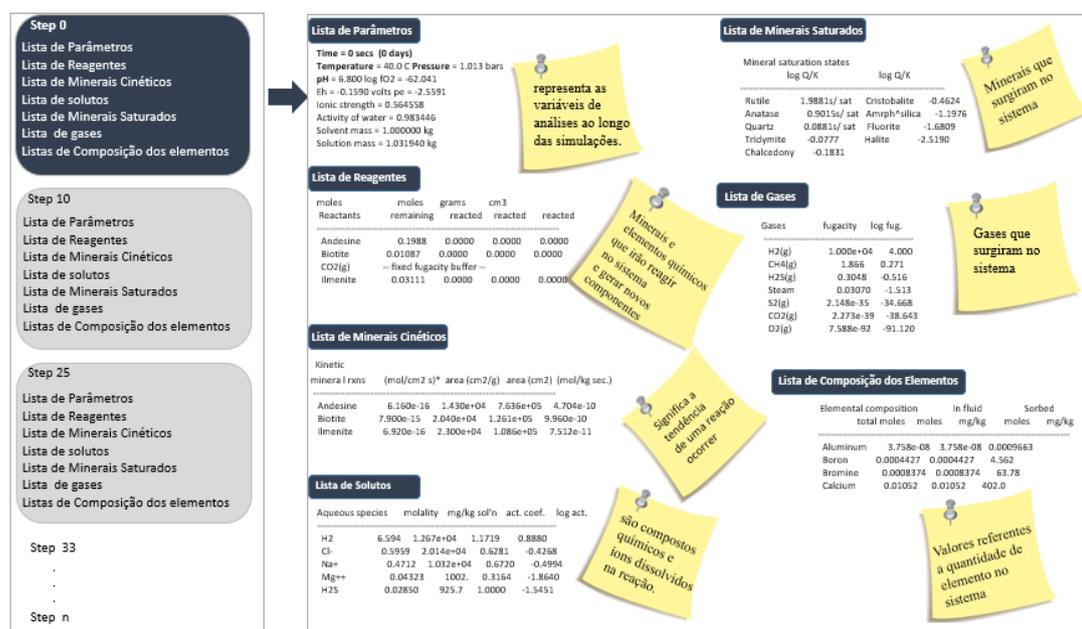


Figura 5.1 Estrutura de saída de uma simulação obtida com o software GWB.

Sendo esses os principais grupos de dados que inicialmente interessam aos geólogos, eles são usados como base para a criação dos gráficos.

5.1.1 Análises baseadas em consultas realizadas pelos geólogos

As análises realizadas pelos geólogos tem como objetivo compreender os parâmetros geoquímicos e os minerais envolvidos em uma determinada simulação. Para isso, são usados os conjuntos de gráficos bidimensionais gerados pelo simulador, e disponibilizados no formato de gráficos de linhas.

A Figura 5.2 exemplifica alguns dos gráficos gerados pelo software GWB. Nesse exemplo, as informações que os geólogos desejam extrair é identificar, nas 8 simulações, em qual delas e para que valor de *pH inicial*, os minerais *Andesine* e *Maximum Microcline*, apresentaram maior e menor volume ao longo da simulação, respectivamente.

Nesse caso, conforme a figura 5.2, o resultado da análise mostra que os gráficos com $pH_{inicial} = 4$, satisfizeram essa consulta. Contudo, analisar manualmente cada gráfico torna-se um trabalho dispendioso para os geólogos.

Normalmente, os geólogos sabem o momento da simulação em que as transformações devem ocorrer. Por exemplo, é sabido por eles que o mineral *Dolomite* deve ter seu maior valor de percentual quando o meio tem o parâmetro $pH_{inicial} = 8$, mais precisamente no meio da simulação. No entanto, como o software *GWB* não disponibiliza nenhum mecanismo de automatização para que sejam realizadas consultas pontuais nas simulações o processo de análise ocorre manualmente.

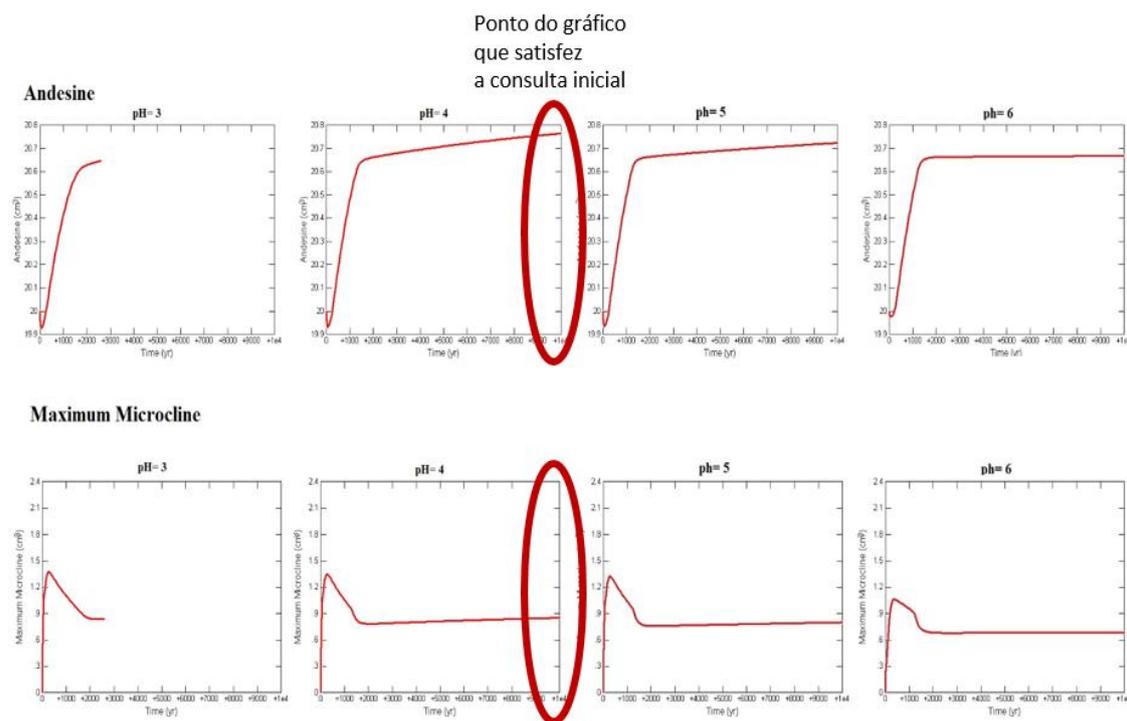


Figura 5.2 Análise dos minerais *Andesine* e *Maximum Microcline* em 8 simulações obtidas do *software* *GWB*.

Muitos gráficos são elaborados manualmente com o auxílio de outras ferramentas, tais como os gráficos de área, pois essa representação, além de ser habitual para os geólogos, ilustra de forma significativa o relacionamento dos minerais importantes da lista de Minerais Saturados ao longo do tempo.

A plotagem desses gráficos é realizada apenas para simulações que apresentam informações relevantes para análises, pois ao longo desse processo os geólogos geram inúmeras simulações, sendo inviável mapear todas para o modelo de gráfico de área. A próxima seção relata como esses dados foram mapeados para a técnica de Consulta por Deformação em Gráfico de Área.

5.1.2 Modelo de Consulta por Deformação usando os dados de simulação do GWB

Os dados que são mapeados para o gráfico de área são as listas de Minerais Saturados e tempo de simulação (*Step*). Essa lista é escolhida previamente pelo usuário. Uma visão geral de como o gráfico de área é construído com base nesses dados, pode ser observada na Figura 5.3.

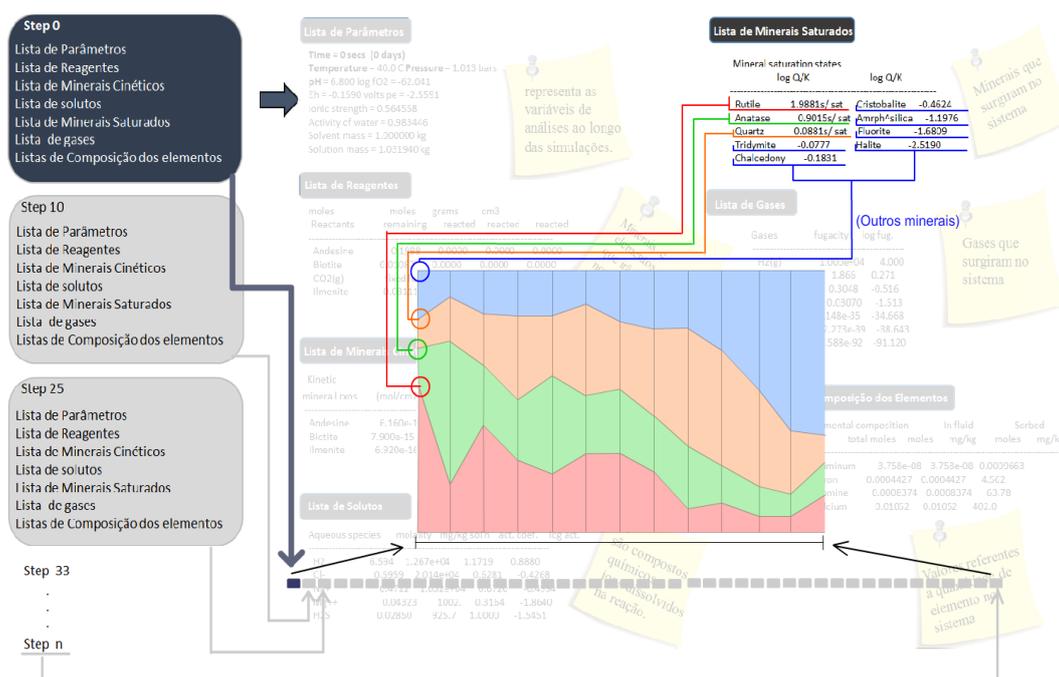


Figura 5.3 Visão geral da transformação dos gráficos dados do GWB para a o gráfico de área

O gráfico da Figura 5.3 representa uma determinada simulação obtida como resultado do GWB, onde cada área colorida corresponde a um valor de percentual de cada mineral presente na lista de Minerais Saturados ao longo de todos os *Steps*. A identificação desse gráfico ocorre mediante o valor de *pH inicial* contido no *Step* = 0.

Além disso, como a base de dados está organizada em 100 intervalos de *Steps*, foi necessário realizar uma transformação nos dados, para que fosse possível compor o eixo das abcissas no gráfico de área, o que será explicado com mais detalhes no decorrer desta seção. A Figura 5.4 exemplifica o gráfico de área, com a distribuição de todos os dados pertinentes para análise.

Com isso, o mapeamento dos dados segue as seguintes definições iniciais:

- Para cada gráfico G_i é atribuída uma simulação do GWB, conforme o exemplo da Figura 5.1.
- Cada área $A_{i,p}$ desse gráfico corresponde a um mineral de cor única, da Lista de Minerais Saturados, previamente definido pelo usuário.

- Os minerais que não foram definidos pelo usuário e compõem algum *Step* de simulação, tem seu valor somado em uma área especial em A_{i_p} , intitulada “Outros minerais”.

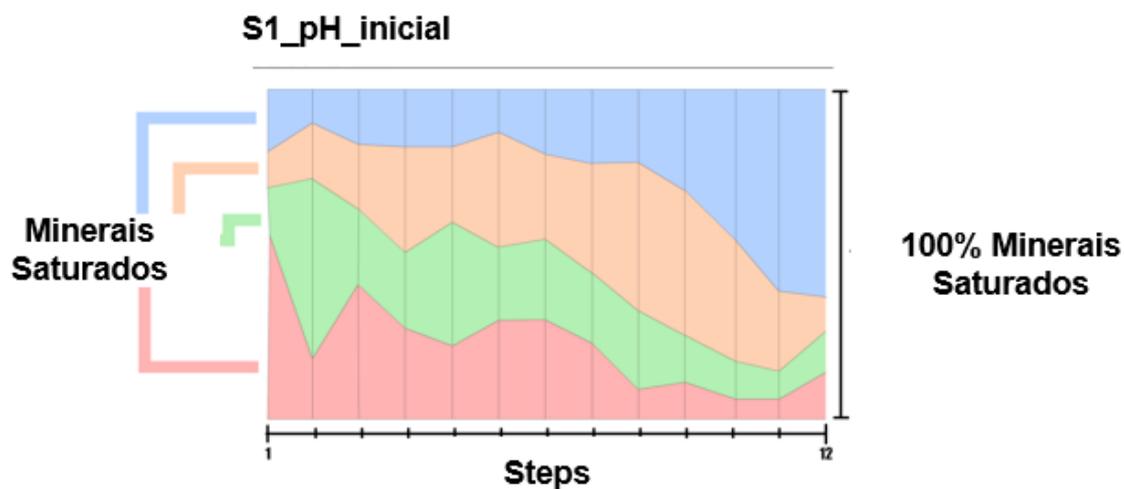


Figura 5.4 Formação do gráfico de área para os dados de uma simulação do software GWB .

A principal transformação realizada na base de dados está relacionada ao tempo de simulação (*Step*). Cada simulação do GWB possui um intervalo de 100 *Steps*. Isso significa que as reações dos minerais devem ou não ocorrer nesse intervalo. No entanto esse intervalo não corresponde a valores lineares; na verdade, eles representam fatias temporais ao longo de milhares de anos em que as reações ocorreram, pois consideram o período de formação de uma rocha reservatório.

Dessa forma, não seria possível compor o gráfico de área considerando, no eixo X , dados com intervalos não lineares. Para tanto, foi calculada uma interpolação desses dados, baseados em 12 faixas temporais, sendo essa escolha, devido a necessidade de adequar essa mesma técnica para o segundo estudo de caso.

Realizar uma interpolação induz um determinado erro, devido à falta de informação entre os *Steps*. Mas, para a equipe de geólogos, isso não representa um problema significativo, pois o que importa em termos de análise são informações pontuais no gráfico. A seguir, será descrito como as informações foram transpostas para o modelo proposto.

- Para o conjunto X_r do gráfico é atribuído $r = 12$, o que determina 12 valores para o eixo das abscissas, ou seja, $x_0 = 0$, $x_1 = 1$, $x_2 = 2$, consecutivamente, até $x_r = r$.
- Considera-se $STEP_{i_z}$, um conjunto de todos os valores atribuído ao parâmetro *Step* da simulação i , tal que z é o total de *Steps* da simulação usado para compor o gráfico G_i .
- A amostra de dados do $STEP_{i_0}$ de uma simulação é associada a X_{i_0} , e o último *Step*, $STEP_{i_z}$, associado a X_{i_r} . Dessa forma, os *Steps* tem seus valores de

amostragem linearmente distribuídos entre X_{i_1} e $X_{i_{(r-1)}}$ através da modelagem de um novo conjunto de valores de *Steps* E_{i_r} que é dado pela equação

$$E_{i_a} = X_{i_a} * \left(\frac{STEP_{i_z}}{r} \right)$$

tal que $0 \leq a < r$

- Para calcular $Y'_{i_{pr}}$ deve-se considerar o conjunto $STEP_i$, como referência para os valores que foram linearmente interpolados em E_i , para que seja possível relacionar qual ponto de $STEP_i$ corresponde ao ponto de E_i . A Figura 5.5 exemplifica como essa associação é definida.

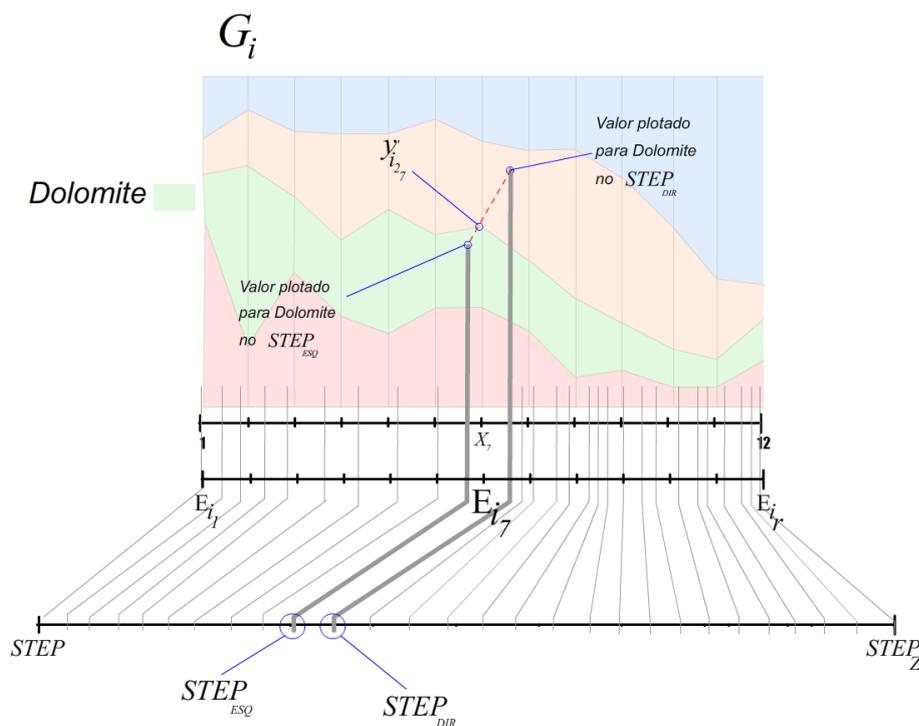


Figura 5.5 Exemplo de interpolação para um determinado ponto de um mineral em um *step*

Conforme ilustrado na Figura 5.5, devido a não haver amostra de dados para a posição do *Step* em E_{i_7} são usados os valores aproximados $STEP_{i_{ESQ}}$ e $STEP_{i_{DIR}}$ e com isso, calculado $y'_{i_{27}}$ de forma a interpolar estes valores. A equação abaixo denota o cálculo de interpolação necessário:

$$Y'_{i_{pr}} = Y_{i_{pESQ}} + \left(\frac{\left(\frac{Y_{i_{pDIR}}}{Y_{i_{pESQ}}} \right)}{\left(\text{STEP}_{i_{DIR}} - \text{STEP}_{i_{ESQ}} \right)} \right) * \left(E_{i_r} - \text{STEP}_{i_{ESQ}} \right)$$

Como resultado desse processo, a Figura 5.6 ilustra uma interação realizada em uma simulação inicial, com o objetivo de consultar, quais simulações da base obtiveram um declínio entre as faixas de *Step* 2 e 3, como resultado da consulta, a Figura 5.7 exemplifica a Mesa de Gráficos com todas as simulações possíveis para análise,

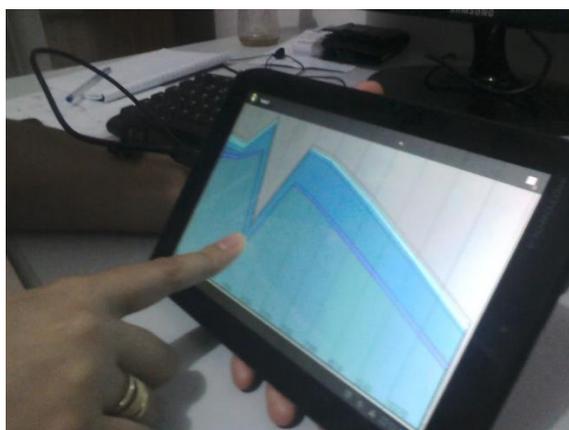


Figura 5.6 Exemplo do uso da deformação por consulta em uma simulação em um tablet Motorola

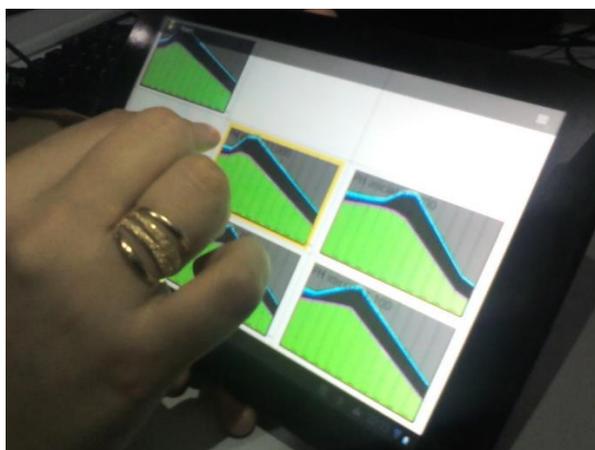


Figura 5.7 Resultado da consulta inicial no formato Mesa de Gráficos

5.1.3 Análise de minerais em diferentes dimensões realizadas pelos geólogos

Como foi visto na seção 5.1.1, analisar o comportamento dos minerais ao longo do tempo de simulação é uma das principais práticas realizadas pelos geólogos. No entanto,

há outras informações que são relevantes de serem analisadas ao longo das simulações, por exemplo, identificar a ocorrência em percentual dos minerais relacionados com as outras dimensões na base de dados, tais como, a lista de Reagentes e a lista de Composição dos Elementos.

Essas informações são úteis à medida que o geólogo pode controlar todo o fluxo das simulações, sabendo exatamente o volume de minerais conforme a progressão das reações na simulação. Por exemplo, o fato de ser possível acompanhar os valores dos minerais que estão na lista de reagentes mostra quais minerais ainda podem reagir ou gerar novos componentes no decorrer da simulação.

Com isso, os geólogos podem chegar à conclusão que determinada simulação não converge, pois falta algum tipo de mineral como reagente. O mesmo ocorre com a lista de composição dos elementos: esses dados representam a quantidade restante dos minerais produzidos no sistema, sendo importante para o controle e obtenção de novos minerais. Esses dados indicam se o sistema é passível de reações ou não.

Os gráficos gerados pelos geólogos para analisar esses dados, normalmente são gráficos de linhas, como os apresentados na Figura 5.2, sendo que a diferença dessa análise para a anterior é que os geólogos não desejam consultar essas informações, pois essa é uma análise secundária, a qual só é válida quando as simulações que relacionam minerais saturados e *Step* já foram selecionadas.

Com isso, o objetivo destes gráficos é permitir comparar as quantidades de minerais, nas duas dimensões, listas de reagentes e lista de composição dos elementos, de modo que seja possível identificar esses valores em todas as simulações que são relevantes para os geólogos. A próxima seção exemplifica como foram elaboradas essas análises utilizando a abordagem de Gráfico de Barras.

5.1.4 Modelo Gráfico de Barras para analisar diferentes dimensões

Como para o contexto geológico do exemplo apenas 2 dimensões são relevantes, a manipulação da interação torna-se simples. A Figura 5.8 exemplifica o mapeamento dos dados para essa abordagem.

A transformação desses dados considera, no eixo das abcissas, o somatório de todos os minerais presentes, seja na lista de reagentes ou na lista de composição dos elementos para todos os *steps*, diferente da abordagem anterior, onde o eixo *X* era dividido em 12 faixas temporais de *steps*.

Com isso, em cada *step* de uma simulação é verificado se o mineral que está presente no gráfico de área faz parte de uma das listas mencionadas acima. Se estiver, os minerais serão representados por cada barra colorida (a mesma cor do gráfico de área) e seus valores são totalizados e transformados em percentuais, e indicados pelo tamanho vertical das barras. Dessa forma, todos os minerais que são visualizados estão representando a simulação como um todo, ou seja não estão sendo mapeados por intervalos de *steps* como anteriormente.

Um exemplo de uso dessa técnica pode ser visto na Figura 5.9, onde os mesmos minerais que compõem o gráfico de área são vistos na dimensão Reagentes, a qual é selecionada através do *sidebar*, no canto esquerdo do dispositivo.

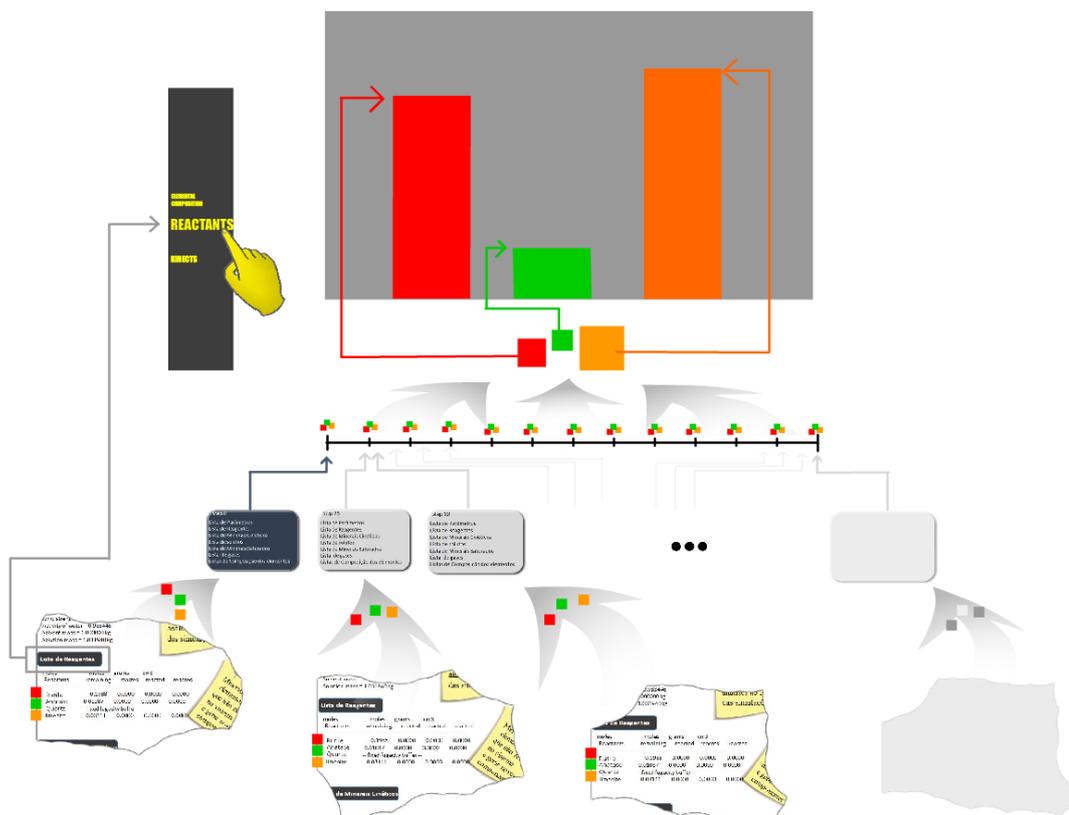


Figura 5.8 Geração do gráfico de barras segundo a dimensão escolhida

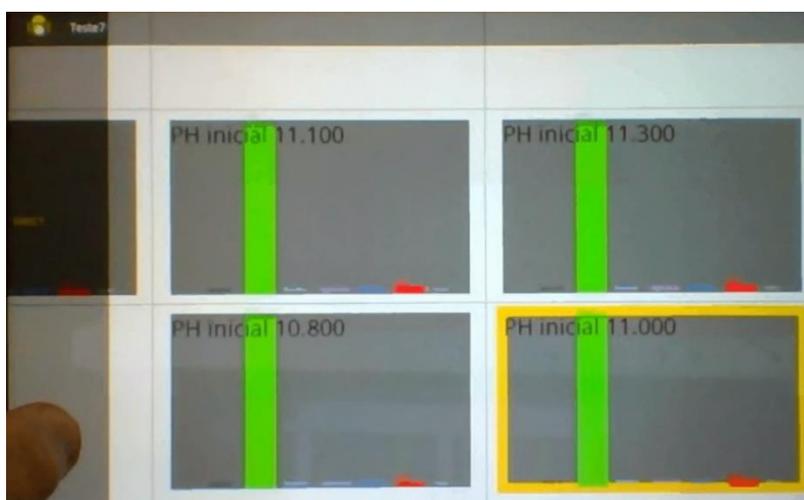


Figura 5.9 Exemplo da análise por gráfico de área em todas as simulações da Mesa de Gráficos

5.2 Cenário de uso 2 – Dados de acidentes de trânsito dos EUA

O cenário aqui apresentado ilustra a utilização do modelo de visualização com análise por subárea.

Foi utilizada a base de dados *Fatality Analysis Reporting System* (FARS) (CHAND, 2007) que contem estatísticas de acidentes de trânsito em estradas dos EUA no período de 1975 a 2007. Essa base é atualizada anualmente, sendo disponibilizada como guia para análises de acidentes. Está organizada em 37.249 ocorrências (linhas), cada uma com 55 dimensões que definem uma série de aspectos relacionados aos acidentes dos 50 estados, mais o Distrito de Columbia e Porto Rico.

Como pode ser observado na Tabela 2, cada linha da tabela corresponde a um tipo de acidente que está classificado em diferentes categorias. Por exemplo, a linha 2, representa um determinado acidente: o valor 1 na primeira coluna (STATE) indica que este acidente ocorreu no estado do Alabama, a segunda coluna (MONTH) com o valor 1 indica que este ocorreu em Janeiro, a terceira coluna (PERSONS) indica o número de pessoas envolvidas, e assim, cada acidente está descrito detalhadamente.

Tabela 2 Amostra de dados da base de dados FARS

STATE	MONTH	PERSONS	NHS	MAN_COLL	ALIGNMNT	HIT_RUN	FATALS	WEATHER
1	1	1	0	0	2	0	1	1
1	3	4	0	5	1	0	2	1
1	3	5	0	7	1	1	1	1
1	1	2	1	4	1	0	1	1
1	4	5	0	5	1	0	1	1
1	1	2	0	0	2	0	1	5
1	1	2	0	2	1	0	1	5
2	2	2	1	2	2	0	1	5
2	1	7	0	4	2	0	1	1
2	1	2	1	2	1	0	1	1
2	1	2	0	0	1	0	1	2
2	1	5	1	2	2	0	1	2
2	1	1	0	0	1	0	1	2
2	1	1	0	0	1	0	1	1
2	1	3	0	0	1	0	1	1
2	1	2	0	0	1	0	2	1

A coluna MAN_COLL indica o tipo de colisão que ocorreu no momento do acidente (frontal, lateral, etc) e a coluna FATALS representa o número de vítimas fatais. Os detalhes que identificam o que significa cada valor para cada coluna são encontrados no guia de referência da FARS. A Tabela 2 apresenta apenas uma pequena parte dos dados para fins de exemplificação. As próximas seções explicam como o modelo proposto pode ser aplicado para esse conjunto de dados.

5.2.1 Modelo de Consulta por Deformação usando os dados da base FARS

O fato dessa base relacionar várias dimensões ao mesmo tempo, possibilita que sejam elaborados vários agrupamentos e sub-agrupamentos para facilitar a interpretação e análise dos dados. Por exemplo, em um determinado estado (STATE) os acidentes ocorreram devido a um tipo de colisão (MAN_COLL) específica em um certo mês (MONTH) do ano envolvendo um conjunto de vítimas fatais (FATALS).

A construção da base multidimensional é guiada pela estrutura mostrada na Figura 5.10.

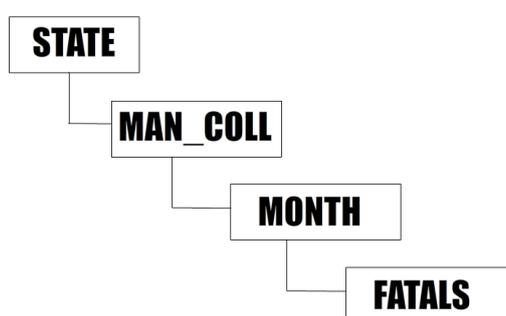


Figura 5.10 Agrupamento dos dados para a adequação da base FARS ao modelo de visualização proposto

Para a organização dos dados da base FARS no modelo por deformação no gráfico de área, foram usados os seguintes critérios:

- As ocorrências de acidentes são agrupadas por STATE, onde cada grupo é associado a um gráfico G_i ,
- Cada área A_p agrupa cada categoria de MAN_COLL como um subgrupo de cada STATE .
- Para compor X_{i_r} tal que $r = 12$ é definido um subgrupo dos valores de cada área A_{i_p} baseada nos meses (MONTH). Este, por sua vez, apresenta valores que vão de 1 a 12, que são associados a X , respectivamente como os meses do ano.
- Cada $Y'_{i_{pr}}$ é dado pela soma dos valores de vítimas fatais (FATALS) de cada subgrupo sendo convertido em valor de percentagem, considerando como 100% o somatório do total de vítimas fatais ao longo dos meses.

Uma visão geral da distribuição dos grupos e subgrupos devidamente posicionados pode ser vista na Figura 5.11.



Figura 5.11 Disposição de grupos e subgrupos da base de dados FARS no gráfico de área.

Como esse modelo de visualização prevê que no eixo X as divisões temporais ocorram em 12 faixas de tempo, nesse caso não foi necessário realizar interpolação na base de dados, como a que foi necessária nos dados do GWB.

Com isso, um exemplo de análise que pode ser realizada nessa base é identificar em qual estado, houve maior número de vítimas fatais para a colisão “verde” no mês de Janeiro, pois como o gráfico é subdividido por meses, o usuário interage com as faixas temporais em separado, o que torna esse modelo mais preciso. Todo sistema de interação que foi utilizado para os dados do GWB pode ser repetido nesse contexto sem nenhuma alteração. A próxima seção exemplifica como a técnica de Análise por Subárea pode ser aplicada para interações com essa base de dados.

5.2.2 Aplicação do modelo de análise por Subárea aos dados da base FARS

Nesse contexto de dados o modelo Subárea possui uma aplicação relevante, pois essa abordagem possibilita que o usuário obtenha um detalhamento de como os dados de todas as dimensões do gráfico de área foram distribuídos em termos de valores, considerando as outras dimensões que influenciaram essa configuração inicial. Nessa base de dados uma das dimensões que foi utilizada é NHS, a qual caracteriza se o tipo de acidente ocorreu ou não em uma *National Highway*. As variáveis que compõem essa dimensão podem ser vistas na Figura 2.12

Variable = NHS

Element = Blank
 0 - This Section is not on the National Highway System
 1 - This Section is on the National Highway System
 9 - Unknown

Figura 5.12 Variáveis que definem a dimensão NHS.

Uma vez que o usuário selecionou no menu de contexto da aplicação uma dimensão para analisar em função das regiões do gráfico de área, através do movimento *pinch*, ele navega entre as regiões do gráfico de área, sendo que, para cada uma é possível identificar como a área do gráfico original é composta em função da dimensão selecionada no menu. Maiores detalhes sobre o processo de interação na técnica Subárea podem ser vistos na seção 3.4. A Figura 5.13 ilustra um exemplo de visualização da dimensão NHS, considerando a região laranja do gráfico de área.

Cada variável de NHS está sendo representada por uma determinada cor no modelo Subárea, de modo que, com essa análise, o usuário pode identificar o número de vítimas fatais associadas à colisão frontal (cor laranja, por exemplo), que ocorreram em estradas tipo *National Highway* no período compreendido entre os meses de maio e junho. Dessa forma, o modelo Subárea possibilita obter um detalhamento de todos os fatores que contribuíram para que houvessem vítimas fatais, seja considerando o tipo de via (no caso, NHS), ou considerando Sexo, faixa etária das vítimas, etc. Assim, utilizando apenas recursos visuais, o usuário pode analisar essas relações. A estrutura desse agrupamento usado no exemplo pode ser vista na Figura 5.14.

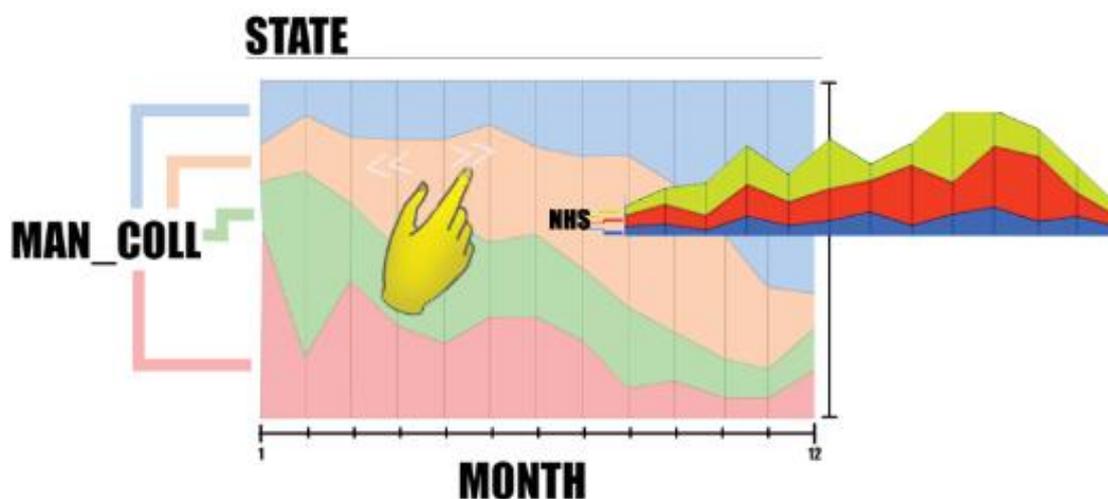


Figura 5.13 Exemplo de visualização da dimensão de NHS para uma área de MAN_COLL, usando a proposta de Subárea.

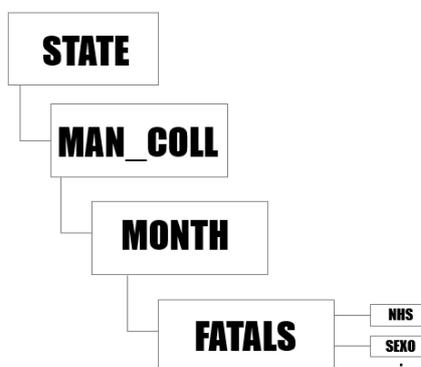


Figura 5.14 Estrutura de análise para o modelo Subárea.

O resultado da visualização dessa técnica no dispositivo móvel pode ser observado na Figura 5.1. Selecionando o modo de “análise por subárea no menu de contexto da aplicação, e depois escolhe as dimensões que deseja analisar. No exemplo da Figura 5.16, foi selecionada a dimensão dia da semana (DAY_WEEK). Nesse caso, considerando que o gráfico de área original corresponde ao percentual de vítimas fatais e as cores das áreas o tipo de colisão, com essa análise é possível identificar para um tipo de colisão específica, como ocorreu a distribuição dos acidentes ao longo da semana, sendo os dias da semana diferenciados por cores na subárea.

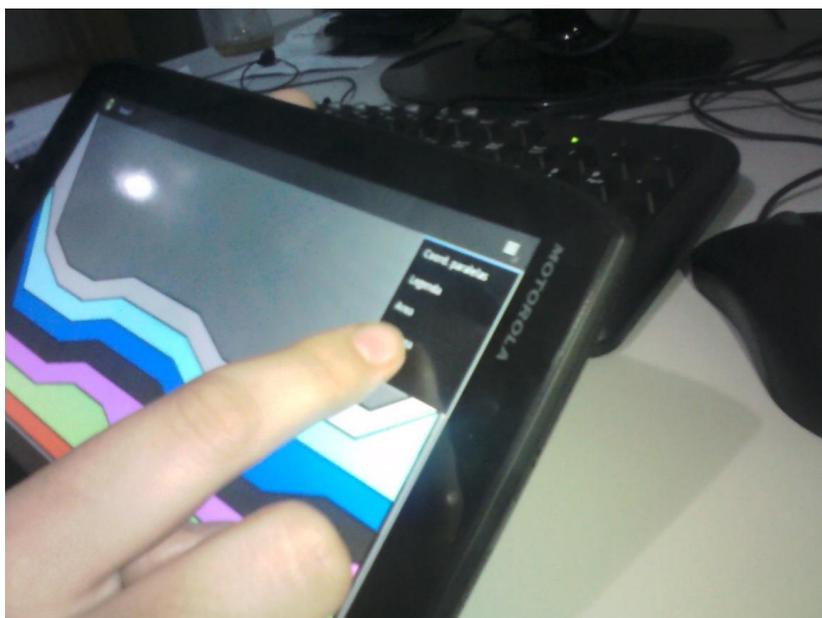


Figura 5.15 Selecionando o modo de análise por Subárea.



Figura 5.16 Analisando a dimensão DAY_WEEK em uma área específica do gráfico.

Essa técnica de análise por Subárea pode ser utilizada para otimizar consultas baseadas em ferramentas OLAP, pois é possível agregar os dados por assuntos e realizar análise de relatórios de forma *Drill-Down*, devido a facilidade de explorar diferentes níveis de detalhes de um conjunto de dados.

Dessa forma, a utilização dessa técnica e das demais, proporciona que vários cenários de dados possam ser explorados de forma dinâmica e interativa pelo usuário no dispositivo móvel, pois como pode ser observado no Capítulo 2, mesmo as ferramentas disponíveis comercialmente possuem limitações em termos de análises visuais.

6 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A área de Visualização de Informações tem crescido consideravelmente nos últimos anos, devido à necessidade de explorar bases de dados dos mais variados tipos e tamanhos. Aliado a isso, o avanço no segmento de *hardware* potencializou que novos dispositivos pudessem ser explorados como alternativa aos computadores pessoais. Dessa forma a Visualização de Informações passou a ser necessária e utilizada não só em computadores pessoais, mas em dispositivos móveis tais como *tablets* e celulares, devido a necessidade de facilitar e dinamizar os processos de tomada de decisão, seja em empresas ou instituições acadêmicas.

Para isso, é necessário que sejam investigadas novas abordagens e metodologias, de modo a facilitar a representação e manipulação dos dados em dispositivos móveis. As técnicas de visualização, além de serem simples, devem utilizar os recursos que tais dispositivos oferecem, para que o processo de análise e interpretação dos dados ocorra de forma natural e sem causar sobrecarga nos processos cognitivos do usuário.

Com base nisso, o objetivo principal desse trabalho foi criar três abordagens diferentes para visualizar conjuntos de dados multidimensionais em dispositivos móveis, utilizando como modelo de estudo dados de simulações geológicas e dados estatísticos de acidentes.

Para a abordagem geológica foi utilizada a técnica de Deformação Baseada em Consulta, na qual geólogos podem analisar e interagir com diversos gráficos de áreas diferentes, manipulando cada um de forma independente e dinâmica, fazendo com que o processo de análise que antes ocorria de forma manual fosse automatizado. Além disso, para esse conjunto de dados em específico, foi utilizada a técnica de Análise por Gráficos de Barra, que possibilita que os mesmos dados que estão sendo representados por gráficos de área, possam ser analisados em outras dimensões.

Com base nas impressões do pesquisador Marcos Klunk, pesquisador do projeto motivador do estudo, o maior ganho das duas técnicas é a economia de tempo e a mobilidade de poder realizar as análises em qualquer lugar apenas dispondo de um *tablet*, pois nesse segmento as principais ferramentas utilizadas geram gráficos estáticos, com pouca interação, onde o geólogo não consegue “navegar” por todos os resultados e escolher o melhor: é necessário prever quais as possíveis simulações serão válidas com base em parâmetros de entrada, o que limita a análise. Com a nossa abordagem, a navegação no espaço de simulações é facilitada. No entanto, uma sugestão do pesquisador é que fosse possível identificar com precisão os valores numéricos dos atributos quando um gráfico fosse considerado relevante na análise.

Para o conjunto de dados de estatística de acidentes em auto estradas dos EUA no período de 1975 e 2007, foi utilizada a abordagem de Análise por Subárea, a qual possibilita que os atributos que estão mapeados no gráfico de área possam ser explorados com mais detalhes, de modo a identificar quais outros atributos influenciaram na composição inicial do gráfico de área. Essa técnica foi elaborada com base em análises que são frequentemente realizadas por empresas que trabalham com grandes volumes de dados, nas quais parte de suas interpretações provem do auxílio de ferramentas OLAP.

Com isso, essa técnica pode apoiar de forma visual, simples e interativa esse tipo de análise.

Além de propor essas três possíveis abordagens de técnicas de visualização em dispositivos móveis para dados multidimensionais, esse trabalho enfatizou que, mesmo utilizando gráficos tradicionais bidimensionais como modelo principal de visualização, é possível criar técnicas interativas e sofisticadas de análise, utilizando os principais recursos de interação disponíveis nesses dispositivos.

Como trabalhos futuros algumas melhorias podem ser realizadas na abordagem apresentada:

- Utilizar um servidor como armazenamento dos dados;
- Possibilitar que sejam geradas visualizações com gráficos de pizza e linha;
- Testar outros métodos estatísticos, além da correlação para que a Consulta por Deformação seja mais precisa,
- Melhorar o mecanismo de interação para que seja melhor utilizado o sistema *multitouch* do dispositivo;
- Testar as técnicas com outros conjuntos de dados, possibilitando que estas, sejam utilizadas em outros contextos;
- Melhorar o sistema de interpolação, de modo a diminuir a taxa de erro nos dados;
- Testar as técnicas propostas em outros dispositivos móveis, já o protótipo foi desenvolvido para uma plataforma específica.

Portanto, mesmo o objetivo desse trabalho sendo investigar técnicas de visualização com gráficos tradicionais 2D para conjuntos de dados multidimensionais, espera-se que a partir dessas, outras técnicas surjam com o propósito de utilizar todos os recursos que a tecnologia móvel oferece.

REFERÊNCIAS

- AHLBERG, C., & SHNEIDERMAN, B. Visual Information Seeking: Tight Coupling of dynamic query filters. In: PROCEEDINGS OF THE SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2004. **Proceedings...** Boston, ACM, apr. 2004. P 4.
- ALCOTT, A., SWENSON, D., & HARDMAN, B. Using Petrasim to create, execute and post-process touch2 models. In: *TOUGH SYMPOSIUM, 2006*, **Proceedings...** California, [s.n.], 2006, p. 6.
- ANDREWS, D. Plots of High-Dimensional Data. **Biometric. International Biometric Society**. v. 28, n. 1, 1972. P. 125-136.
- APLLEGESTURES. (Acesso março de 2014). *APLL*. Fonte: Apple Suporte: <http://support.apple.com/kb/ht4721>
- BEDERSON, B., CLAMAGE, A., CZERWINSKI, M., & ROBERTSON, G. A fisheye calendar interface for PDAs: providing overviews for small displays. In: *CHI '03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 2003*. **Proceedings...** New York, ACM, 2003, p. 2.
- BEDERSON, B., CLAMAGE, A., CZERWINSKI, M., & ROBERTSON, G. DateLens: A Fisheye Calendar Interface for PDAs. **ACM Trans. Computer-Human Interaction**. v. 11 n. 1, mar 2004, P 90-119.
- BUCHANAN, G., FARRANT, S., JONES, M., THIMBLEBY, H., MARSDEN, G., & PAZZANI, M. Improving mobile internet usability. In *10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON WORLD WIDE WEB, 2001*. **Proceedings...** New York, ACM, 2001, p. 7.
- BUERING, T., GERKEN, J., & REITERER, H. User Interaction with Scatterplots on Small Screens - A Comparative Evaluation of Geometric-Semantic Zoom and Fisheye Distortion. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**. v. 12 n.5, set 2006. P 829-836.
- CHAND, D. *FARS Analytic Reference Guide 1975 to 2007*. Washington: U.S. Department of Transportation, 2007.
- CHEN, M., EBERT, D., HAGEN, H., LARAMEE, R., VAN LIERE, R., MA, K.-L., SILVER, D. Data, information and knowledge in visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*. v. 29 n. 1, jan. 2009. P 12-19
- CHEN, Y., QIAN, Z., & LI, Z. MobileAnalymator: Animating data changes on mobile devices. *IEEE VAST*, oct. 2011. P. 313-314.
- CHITTARO, L. Visualizing Information on Mobile Devices. **IEEE Computer**, v. 39, n. 3, mar 2006, P 40-45.
- CHITTARO, L., & CAMAGGIO, A. Visualizing Bar Charts on WAP Phones. In: HUMAN COMPUTER INTERACTION WITH MOBILE DEVICES, 2002. **Proceedings...** Springer, Berlin, 2002, p. 4.

- DUNLOP, M., & DAVIDSON, N. Visual information seeking on palmtop devices. In: *HCI200, 2000. Proceedings.... [S.l.: s.n.]*, P 16.
- EDÉN, P., & BJÖRKLUND, A. Geochemistry of till in Fennoscandia from ultra-low density sampling. In: *JOURNAL OF GEOCHEMICAL EXPLORATION, 1995. Proceedings... Finland, sn, 2010*, p 17.
- ELMQVIST, N., DRAGICEVIC, P., & FEKETE, J. Rolling the dice: Multidimensional visual exploration using scatterplot matrix navigation. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**. v. 14 n.6, nov, 2008. P. 1141–1148.
- EZEKWE, & NNAEMEKA. **Petroleum Reservoir Engineering Practice**. [S.l. : s.n.], 2010.
- FURNAS, G. Generalized Fisheye Views. In: *HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS CHI, 1986*. ACM, New York: [s.n.], apr. 1986, p. 7.
- GOOGLEGESTURES. (Acesso março de 2014). *Google Develop*. Fonte: <https://developer.android.com/training/gestures/detector.html>
- GRASSO, A., BORGHOFF, U., GLANCE, N., & WILLAMOWSKI, J. Collaborative Information Gathering. IN *PROCEEDINGS OF EUROMEDIA/WEBTEC, 1998. Proceedings...* Leicester, United Kingdom: [s.n.], 1998, p. 2
- HAO, J., & ZHANG, K. (2007). A mobile interface for hierarchical information visualization and navigation. In: *IEEE ISCE, 2007. Proceedings...* Irving: [s.n.], 2007, p. 7.
- HEER, J., & ROBERTSON, G. Animated Transitions in Statistical Data Graphics. **IEEE Trans. Visualization & Comp. Graphics (Proc. InfoVis)**. v. 13 n.3, 2007. P 1240-1247.
- HEER, J., MACKINLAY, J., STOLTE, C., & AGRAWALA, M. Graphical Histories for Visualization: Supporting Analysis, Communication, and Evaluation. **IEEE Trans. Visualization & Comp. Graphics (Proc. InfoVis)**. v. 14 n. 6, nov. 2008. P. 1189–1196.
- HÖFERLIN, B., HÖFERLIN, M., & RÄUCHLE, J. *Visual Analytics of Mobile Data*. In: *MOBILE DATA CHALLENGE WORKSHOP (NOKIA), 2012, Proceedings...* Newcastle: [s.n.] p. 5.
- HP-SEARCH. (Acesso 20 de março, 2014). *Science*. Fonte: DailyMail: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2585025/Do-gesTECHulate-Tech-related-hand-gestures-calling-scrolling-emailing-tablets-recognisable-tapping-wrist-asking-time.html>
- JENSEM, M., & JUSTESEN, M. **Enriching navigation on media tablets applying direct multi-finger gestures to enhance engagement by translation the expression of user action to device function**. 2011, 157 p. Master Thesis. Engineering psychology - group 1071. Aalborg Universitet School of ICT Engineering Psychology. 2011
- KARTENS, B., KREUSELER, M., & SCHUMANN, H. (2003). Visualization of Complex Structures on Mobile Handhelds. *Proceedings of International Workshop on Mobile Computing*. v. n. 2003, P 17-18

- KEIM, D., Hao, M., DAYAL, U., & HSU, M. Pixel bar charts: a visualization technique for very large multi-attribute data sets. *In: JOURNAL INFORMATION VISUALIZATION*, 2002, **Proceedings...** Palgrave Macmillan: [s.n.], p. 14
- KIM, S., JANG, Y., MELLEMA, A., EBERT, D., & COLLINS, T. Visual Analytics on Mobile Devices for Emergency Response. *In: VAST*, 2007. **Proceedings...** Sacramento, IEEE, 2007, p. 7.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**. v. 22 n. 140, 1932. p 55.
- LOPEZ, N., KREUSELER, M., & SCHUMANN, H. A Scalable Framework for Information Visualization. *In: IEEE TRANS. VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS*, 2000. **Proceedings...** Salt Lake City: [s.n.], 2000, p. 12.
- LUMIRA, S. *SAP Lumira*. (Acesso em dezembro de 2012), disponível em <http://saplumira.com/>.
- LUTZ, R., & DIEHL, S. ChartFlight: from spreadsheets to computer-animated data flights. *IN: PROCEEDINGS OF THE 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEB 3D TECHNOLOGY*, 2010. **Proceedings...** Los Angeles: ACM, 2010, p. 9
- MASOODIAN, M., & LANE, N. An empirical study of textual and graphical travel itinerary visualization using mobile phones. *IN: PROCEEDINGS OF THE FOURTH AUSTRALASIAN USER INTERFACE CONFERENCE ON USER INTERFACES*, 2003. **Proceedings...** Adelaide: Australian Computer Society, Inc, 2003, p. 7.
- MCLACHLAN, P., MUNSNER, T., ELEFThERIOS, K., & NORTH, S. LiveRAC: interactive visual exploration of system management time-series data. *In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS*, 2008. **Proceedings...** Florence: [s.n.], ACM, 2008, p. 9.
- NOIRHOMME-FRAITURE, M., RANDOLET, F., CHITTARO, L., & CUSTINNE, G. Data visualizations on small and very small screens. *In: PROCEEDINGS OF APPLIED STOCHASTIC MODELS AND DATA ANALYSIS*, 2005. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], p. 10
- PABLO, C., & CAMPO, J. Radar Overview – Visualization of Multivariate Medical. *In: CONFENIS*. **Proceedings...** Rio Grande do Norte: [s.n.], 2010
- PETRILLO, F., SPRITZER, A., FREITAS, C., & PIMENTA, M. Interactive analysis of Likert scale data using a multichart visualization tool. *In: 10TH BRAZILIAN SYMPOSIUM ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS AND THE 5TH LATIN AMERICAN CONFERENCE ON HUMAN-COMPUTER INTERACTION*, 2011. **Proceedings...** Porto de Galinhas: Brazilian Computer Society, 2011. p. 7
- PRESS, F. **Para entender a Terra**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- RAPPAPORT, T. **Wireless Communications: Principles and Practice**. [S.l.] : IEEE, 1996.

- RICHARD, H., & WIGGINS, I. Personal Digital Assistants. Digital Imaging. **Journal of Digital Imaging**. v.17 n. 1, fev 2004. P 5-17.
- ROCKWARE. (fevereiro de 2014). *Earth science and GIS software*. Fonte: Rockware: <https://www.rockware.com/>
- ROCKWARE, I. (2011). *Rockware: Earth science and gis software*.
- SAS. (2012). SAS. Acesso em dezembro de 2012, disponível em <http://www.sas.com/>
- SCHIMIDT, B., DOEWLING, S., & MÜHLHÄUSER, M. (2012). Interaction history visualization. *30th ACM international conference on Design of communication*. apr. 2012 P. 261-270.
- SHNEIDERMAN, B. The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. In: VISUAL LANGUAGES, 1996. **Proceedings...** Boulder, IEEE, 1996, P. 7.
- SHUMWAY, R., & STOFFER, D. **Time Series Analysis and Its Applications With R Examples**. New York : [s.n.], 2006.
- SINGELÉE, D., & PRENEEL, B. The Wireless Application Protocol. **International Journal of Network Security**. v. 1 n. 3, 2005. P. 161–165.
- SPENCE, R. **Information visualization**. [S.l.] : Addison-Wesley, 2001.
- VIAU, C., & MCGUFFIN, M. (2012). ConnectedCharts: Explicit Visualization of Relationships between Data Graphics. *Eurographics Conference on Visualization*, v. 31, n. 3, jun. 2012. P. 1285-1294.
- WARE, C. **Information Visualization Perception For Design**. [S.l.] : Elsevier, 2004
- ZHOU, H., QU, H., WU, Y., & CHAN, M.-Y. Volume visualization on mobile devices. In: 14TH PACIFIC CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND APLICATIONS, 2006. **Proceedings...** Taiwan: National Taiwan University Press, 2006, p. 8.
- ZIMMERMAN, T., LANIER, J., BLANCHARD, C., BRYSON, S., & HARVILL, Y. A hand gesture interface device. In: PROCEEDINGS OF THE SIGCHI/GI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS AND GRAPHICS INTERFACE, 1987. **Proceedings...** Toronto, ACM, 1987. P. 3.
- ZUFFEREY, D. *Device based gesture recognition*. In: GESTURE RECOGNITION, 2010. **Proceedings...** Switzerland: [s.n.], 2010, p. 4.

