



**Grupo de Estudo de Sistemas de Informação e Telecomunicação para Sistemas Elétricos-GTL**

**Prospectos para a Evolução da Interface Humano-Computador em Centros de Controle de Energia Elétrica**

**LUIZ CORREA LIMA(1);**  
**NemerConsult(1);**

**RESUMO**

Na evolução dos sistemas para centros de controle um desafio constante tem sido o de aperfeiçoamento da capacidade de monitoração e análise de eventos e fenômenos. Propostas recentes têm focado na visualização de eventos multivariados através de perspectiva geométrica e gráficos de contorno. Procuramos identificar limitações de visualizações 3D e propomos a utilização conjunta com projeções ortogonais 2D, para maior eficácia. Identificamos possibilidades de uso do fator tempo e de técnicas matemáticas para observação sintética da evolução de grande número de grandezas. Sugerimos uma reorganização do espaço de trabalho das consoles de operação segundo uma visão alternativa aos desktops atuais.

**PALAVRAS-CHAVE**

Interação Humano-Computador, Interfaces Gráficas, Centros de Controle

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A complexidade da operação de sistemas de energia elétrica tem mostrado um aumento contínuo ao longo das últimas décadas. Além da complexidade inerente dos fenômenos físicos envolvidos, os conjuntos de dados medidos ou calculados como parte do processo de monitoração e controle têm mostrado crescimento rápido do volume, complexidade e dinâmica ligado principalmente a novas áreas de aplicação como fontes de energia renováveis (eólicas e fotovoltaicas), intercâmbio de energia em amplas áreas geográficas e necessidade de consideração de aspectos econômicos na atividade de despacho. Um desafio central é conceber como detectar informações importantes para uma determinada situação e como comunicá-las aos seres humanos de forma adequada para análise e decisão de modo a se garantir um nível consistente de "Consciência Situacional". Muitas vezes para se contornar a enorme quantidade e variabilidade das informações disponibilizadas utiliza-se um nível de agregação tal que pode levar a observação apenas de fenômenos globais, em detrimento de eventos locais, os quais podem dar origem a grandes distúrbios se não observados e controlados a tempo.

Os sistemas SCADA tradicionais proveem amostragens estáticas de regime permanente das grandezas elétricas do sistema e outra correlatas. Essas amostras têm períodos de varredura típicos de alguns segundos não sendo em geral sincronizadas no tempo, formando fotografias do sistema elétrico potencialmente inconsistentes como no caso de medições analógicas e indicações de topologia. Este problema pode, de certa forma, ser tratado por ferramentas analíticas especializadas já bem conhecidas. A disponibilização de fotografias dos dados que se sobrepõe em sequência na base de dados do Scada faz com que os recursos tradicionais de Interação Humano-Computador (IHC) sejam desenhados de maneira a utilizar diagramas, gráficos e tabelas com valores que representam somente o estado mais recente do sistema elétrico operado. Para entender a evolução de uma situação operativa de maneira consistente, o operador tem muitas que acompanhar várias leituras seguidas durante um intervalo de tempo significativo.

(1) Rua do Catete 311, sala 904 – CEP 22.220-901–Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
Tel: (+55 21) 98162-0926 – Email: lclima55@gmail.com

As grandezas adquiridas podem ser historiadas em grandes bases de dados próprias para isto. Seu uso mais comum, no entanto, tem sido para a geração de relatórios off-line, ou por aplicativos desenvolvidos de maneira "ad-hoc", de maneira não integrada e generalizada na IHC.

Visando a um melhor tratamento do quadro acima, neste trabalho propomos uma forma de exploração do fator tempo nas visualizações e interações providas pela IHC para a melhor utilização da informação disponibilizada pelo Scada e pelas aplicações analíticas.

A par com as fotografias, grandezas selecionadas do Scada podem ser apresentadas sob a forma de curvas de tendência, mostrando os valores recentes armazenados para estas grandezas. Os recursos utilizados historicamente para este tipo de representação apresentam a informação de maneira bastante detalhada, muitas vezes com todas as nuances de variação no tempo. Este nível de detalhamento pode dificultar a identificação imediata e precisa pelo operador da tendência de evolução de grande número de grandezas elétricas o que se traduz na redução na quantidade de variáveis observáveis na prática. Sob este aspecto, neste trabalho propõe-se outro aproveitamento do fator tempo com o desenvolvimento do conceito de "Tendência Sintética" para reduzir a carga cognitiva sobre os operadores por meio de indicações mais resumidas, e ao mesmo tempo melhor interpretáveis da tendência de evolução de grandezas. A rapidez e qualidade da indicação, obtidas pelo uso de tal recurso, permitiriam cobrir um espectro maior de grandezas observadas por parte do operador.

Outra característica das informações trazidas pelo Scada é de serem independentes umas das outras sem verificação inerente de sua coerência ou consistência mútua. A IHC tradicional apresenta os valores desta forma. Atualmente, no entanto, tem sido crescente o interesse pela a disponibilização de recursos de IHC para apresentação conjunta de várias variáveis. Em particular tem havido uma demanda, ainda mal definida, por gráficos tridimensionais (3D). A utilização de gráficos 3D, no entanto, não pode ser entendida como uma parafernália que resolve este problema de apresentações multivariáveis, como tem destacado a literatura. Neste trabalho apresentamos uma análise dos aspectos positivos e das deficiências de gráficos 3D e propomos uma forma de disponibilização e utilização que permite aproveitar melhor o uso desse tipo de gráfico.

Um aspecto da IHC que tem recebido tratamento insuficiente nos sistemas Scada atuais refere-se à configuração do espaço útil dos vídeos das consoles de operação. De consoles segregadas para utilização do sistema de tempo-real, nas últimas décadas as consoles passaram a aglutinar uma quantidade enorme de recursos e ferramentas de escritório, sistemas corporativos, sistemas externos de informação, o próprio sistema de tempo-real e ainda ferramentas de produtividade e recursos de comunicação. Esta parafernália de recursos provoca usualmente uma carga cognitiva significativa sobre os operadores, associada à maneira usual como são organizados os desktops comerciais como orientação a ferramentas e documentos. Neste trabalho levanta-se a oportunidade de se buscarem novas formas de organização desses desktops, como foco na atividade executada correntemente pelo operador, de maneira a tornar mais rápida a preparação e mais eficiente o uso dos recursos importantes para o momento.

## 2.0 - FATOR TEMPO NA VISUALIZAÇÃO

Com exploração do fator tempo na Interação Humano-Computador, principalmente a partir de disponibilização e visualização de valores históricos recentes de maneira generalizada, a sequência de fotos do SCADA pode ser utilizada para observação de fenômenos dinâmicos de períodos médios de evolução (da ordem de dezenas de segundos). A consideração do fator tempo, como variável independente ou controlada, no ambiente de operação pode se dar sob diferentes pontos de vista.

Em um primeiro ponto de vista consideram-se as possíveis formas de utilização:

- Como variável de processo, associada a valores adquiridos e historiados;
- Como variável de processo, associada a valores e eventos programados ou previstos;
- Como variável independente para registro e visualização de tendência histórica ou recente de valores individuais;
- Como recurso de interação para visualizações complexas multidimensionais;

Neste trabalho estamos interessados particularmente nas 2 últimas formas, pelo fato de o tempo poder ser manipulado visando uma melhor qualidade da visualização ou uma maior capacidade de extrair informação desta por meio da interação. No nosso ponto de vista o tempo pode ser explorado na visualização de valores históricos ou de tendências de duas maneira principais:

- Como variável independente, permitindo que o usuário comande a visualização da evolução de fenômenos, pela definição de intervalos de observação de interesse, aceleração e desaceleração do tempo de replay, escolha de períodos de amostragem (decimação) diferentes dos obtidos originalmente e ainda que aplique métodos de cálculo (como soma, média, mediana, mínimo, máximo, desvio mínimo,

- interpolação e extrapolação) sobre a série de dados original.
- Como recurso de interação, principalmente em análise exploratória de dados multivariados mesmo que não haja necessariamente um eixo do tempo na visualização. Neste caso, o tempo pode ser considerado subjetivo, ou implícito, por se tornar intrínseco à sequência de interação do usuário com o gráfico multidimensional. Exemplo deste caso seria uma análise exploratória de um gráfico de 3 variáveis onde o usuário varia seguidamente apenas uma das dimensões por vez para observar a evolução da correlação entre as outras 2 dimensões para diferentes valores da dimensão sendo variada.

Outro ponto de vista para a utilização do tempo refere-se ao tipo de atividade sendo exercida no momento pelo usuário do sistema de informação da operação.

Para atividades de monitoração, em geral, pode-se considerar que não há oportunidade para exploração de alternativas, de maneira que a IHC deveria prover maior automatismo na consideração do tempo, por exemplo, por meio de animações, apresentações repetitivas e ainda a compactação do comportamento de certas variáveis para remover detalhamento excessivo. Ai se utilizar o tempo neste modo as apresentações tendem a se tornar talvez mais qualitativas que quantitativas.

Atividades de análise, por outro lado, permitem um período tempo maior para a exploração da informação, mesmo que limitado, de maneira que a variável tempo pode ser explorada de maneira mais detalhada e sob total controle do usuário. A observação tende a ser quantitativa com alto grau de detalhe.

Observam-se então diferentes necessidades de interação para esses dois tipos de atividade.

A cada um desses pontos de vista podem estar associadas diferentes maneiras de manipulação da variável tempo na visualização para monitoração e análise:

- Uso direto, como variável, que é a visualização típica dos gráficos de tendência atuais;
- Uso indireto, como recurso de interação, conforme descrito acima na análise exploratória de dados multivariados;
- Uso como animação acelerada repetitiva, para destaque de fenômenos muito importantes (este ponto não será coberto no presente trabalho);
- Uso para Representação de Tendência Sintética, forma que será detalhada no item a seguir.

### 3.0 - REPRESENTAÇÃO SINTÉTICA DE TENDÊNCIA

Uma representação sintética ideal, para fins de redução da carga cognitiva sobre o operador poderia idealmente fazer uso de um número finito e bem definido de gráficos básicos, identificando um conjunto de padrões de evolução facilmente reconhecíveis pelo usuário como normais, problemáticos ou merecedores de atenção.

Como exemplo, alguns padrões de evolução utilizando representações sintéticas são apresentados FIGURA 1:

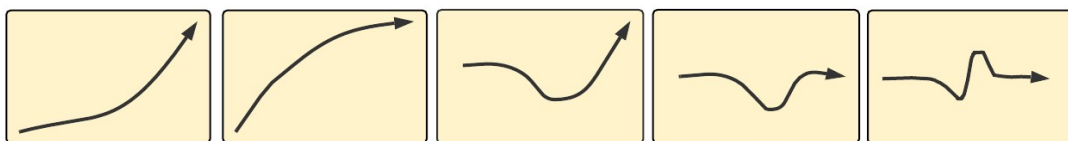


FIGURA 1 – Alguns exemplos de padrões de evolução em representações sintéticas

Na prática, no entanto, não se pode ainda ter segurança de que esta redução a um conjunto muito restrito de representações possa englobar de maneira segura e eficaz todos os padrões importantes de comportamento de grandezas elétricas, o que dá margem a pesquisas e experimentações a esse respeito.

Como alternativa de aplicação mais imediata, propõe-se o uso de representações que permitam remover o detalhe excessivo, mostrando apenas o aspecto geral da evolução recente, em termos qualitativos.

Uma possibilidade de se chegar a este resultado seria fazer uso do conceito de Ajuste de Curvas (“Curve Fitting”) como método de representação. “Curve Fitting” corresponde a um conjunto de métodos matemáticos que objetivam encontrar uma curva que se ajuste de uma certa maneira a uma série de pontos fornecidos. O ajuste obtido pode depender do atendimento a uma série de parâmetros a serem definidos.

Um exemplo do aspecto final do que se quer representar é mostrado na FIGURA 2. Neste é apresentado um

diagrama unifilar de uma subestação e sobre este, pequenos gráficos de tendência sintética representando grandezas elétricas de processo associados a equipamentos elétricos.

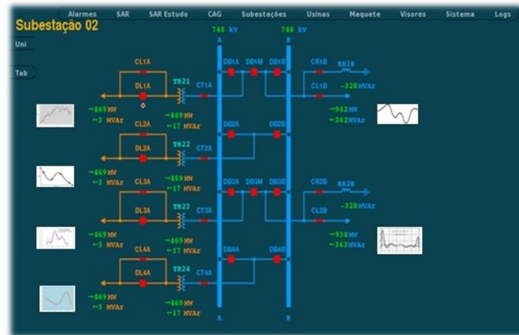


FIGURA 2 – Exemplo de apresentação prática de Tendência Sintética para uma Subestação

O Ajuste de curvas pode envolver Interpolação, onde é feito um ajuste exato aos dados, ou Suavização ("smoothing") na qual é construída uma função mais "suave" que a obtida por interpolação e que se ajusta aos dados de maneira aproximada. Como exemplo pode-se observar na FIGURA 3 algumas possibilidades de "curve fitting", onde por meio de diferentes parametrizações do método de ajuste, obtêm-se resultados diversos, onde o primeiro deles pode ser considerado exagerado ("over-fitting"), o segundo não representativo ("under-fitting") e o terceiro um resultado adequado para uma certa capacidade de observação.

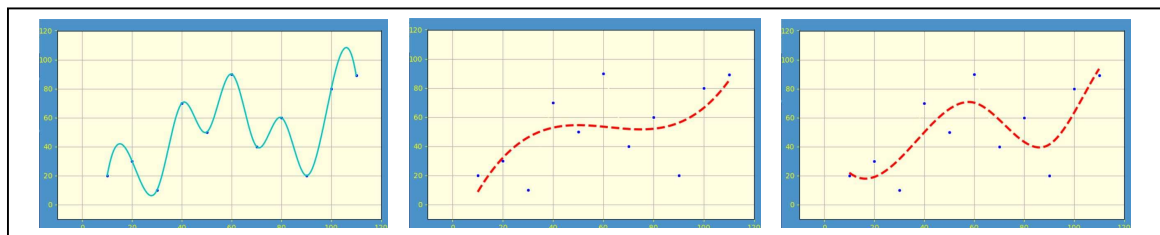


FIGURA 3 – Resultados variados de diferentes parâmetros de "fitting"

Na prática para se trabalhar com "curve fitting", dentre vários métodos matemáticos possíveis, utiliza-se o conceito de Curva Spline. Uma spline é uma função polinomial definida por partes. Em problemas de interpolação, as curvas spline são preferidas à interpolação polinomial devido à simplicidade de sua construção, facilidade e precisão de avaliação e sua capacidade de aproximar formas complexas por meio de ajuste de curvas. A FIGURA 4 apresenta um exemplo de "curve fitting" com a utilização de splines, onde podem observar os pontos originais de dados, a curva ajustada exatamente nesses pontos e a curva suavizada, obtida por meio de uma spline parametrizada de acordo com o interesse de uso. Pode-se observar que a suavização pode ser utilizada para reduzir a quantidade de informação em uma curva, mantendo a representatividade da tendência de variação.

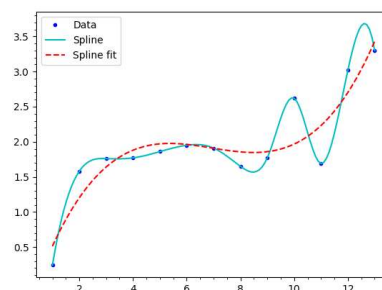


FIGURA 4 – Exemplo de uso de "spline"

O uso prático de splines requer experimentação, principalmente quanto à definição dos parâmetros que definem o grau de suavização pretendido. Estes dependem basicamente da natureza da grandeza representada e do uso

final da aplicação, tendo em vista diferentes comportamentos esperados e interesses de observação. Isto demanda experimentação detalhada com diversos tipos de informação e perfis de uso. Um tratamento especial dos pontos extremos do gráfico (uso de múltiplos “end-points”) pode ser necessário principalmente quando se deseja uma representação qualitativa mais real das curvaturas dos trechos terminais da curva, principalmente para evitar falsas interpretações de tendência próxima futura.

O recurso de animação combinado com as tendências sintéticas tem um potencial de uso interessante, principalmente para dar um destaque maior a comportamentos anômalos de evolução das grandezas a nível local. Sua parametrização (tempo de desenho, método de dinamização, etc.) deve ser objeto de um estudo mais aprofundado tendo em vista se observar em que condições se este recurso pode ser de real benefício sem provocar um deslocamento indevido da atenção sobre os fenômenos globais.

#### 4.0 - VISUALIZAÇÃO MULTIVARIÁVEL

A necessidade de observação de fenômenos em ambientes de centros de controle tem feito surgir requisitos de observação de várias variáveis não mais de maneira individual, mas de sua evolução conjunta, de sua correlação.

Esta atividade hoje é tarefa dos operadores, mas torna-se impraticável quando aumenta a quantidade de correlações a serem observadas.

O tratamento de correlações pode ser implementado de várias maneiras, como por exemplo:

- Por simples observação gráfica
- Manipulação gráfica (atividade exploratória)
- Análise por algoritmos e software específico (correlação estatística, séries temporais, aprendizado de máquina, etc)

Neste trabalho estamos interessados mais especificamente nas manipulações gráficas sobre visualizações multivariadas (3D). Apresentamos a seguir algumas considerações sobre o uso deste tipo de gráfico e de sua modelagem visando o seu melhor aproveitamento e o desenvolvimento de ferramentas próprias.

#### 4.1 - Visualização 3D

A literatura tem apresentado propostas de novas formas de visualização para sistemas de potência (1), como diagramas em perspectiva, animação de valores, etc. Dentre essas formas destacam-se superfícies em gráficos 3D, mas com deficiências para uso prático.

Do ponto de vista deste relatório, a evolução desses recursos na direção apoio na capacidade analítica e decisão do usuário final requer uma compreensão adequada das perspectivas e limitação dos gráficos 3D quando comparados ao 2D e consideração apropriada da dimensão de tempo nos ambientes do centro de controle. Esses pontos são apresentados a seguir.

Neste capítulo, uma análise comparativa é feita entre as formas 2D e 3D de visualização, observando os pontos fortes e fracos de cada uma dessas formas. Em seguida, é feita uma proposta para o uso simultâneo e síncrono de visualizações 2D e gráficos 3D, para explorar as melhores capacidades de cada um, em relação a um mesmo fenômeno ou evento que está sendo observado.

As renderizações em 3D foram descritas como a mais recente evolução em tecnologia gráfica e podem criar um ambiente mais realista em termos de atividades de simulação, como se sabe no que diz respeito a simuladores de voo. No entanto, há uma tendência de se considerar o uso de imagens 3D mais para fins estéticos ou de “marketing” (2).

Em alguns casos, um gráfico 3D contém informações sobre três variáveis diferentes, tornando necessária a adição de informações de profundidade para transmitir o significado pretendido. No entanto, em muitos casos, a adição de uma terceira dimensão é puramente estética e não transmite informações significativas sobre as variáveis (3). Alguns autores identificaram casos em que a renderização 3D pode mesmo afetar negativamente a compreensão de um gráfico (3). Em outros estudos reportados verificou-se que a adição de perspectivas 3D aos gráficos que representam duas variáveis pode afetar negativamente a precisão e o tempo de reação (4).

Em uma pesquisa de campo, Stewart (2) relatou que, quando perguntados sobre suas preferências de gráfico de barras, 95% dos participantes relataram que os gráficos 2D eram mais fáceis de ler. Apesar disso, 71% relataram que o gráfico 3D tinha melhor aparência e 62% que esse gráfico provavelmente seria exibido em um periódico

científico.

Os estudos de Woodrow (4) se concentraram nas diferenças de desempenho entre usuários novatos e experientes. Os participantes novatos produziram respostas mais precisas usando apresentações de gráficos em 2D, enquanto os experientes produziram respostas mais precisas quando fornecidos com gráficos 3D. Além disso, gerentes experientes e novatos ficaram mais confiantes em suas respostas quando forneceram gráficos 2D como auxiliares de decisão.

As visualizações 3D são ambíguas ao longo da linha de visão, assim como as vistas 2D são ambíguas na dimensão ausente. O esboço em vistas com perspectiva 3D também cria distorções de distância e ângulo que dificultam observações numéricas precisas (5). Portanto, nenhum desses dois tipos de visualização é melhor sempre. No entanto, acredita-se que as vantagens e limitações são realmente complementares. No final das contas, conclui-se que 3D é melhor para mostrar a forma e 2D é melhor para mostrar a medida.

Outro aspecto problemático da representação 3D é o potencial de interpretação errônea da orientação da curva quando apenas gráficos estáticos estão disponíveis. Se a ferramenta permitir, no entanto, a rotação do gráfico, o problema de interpretação incorreta poderá ser resolvido pela interação adequada do usuário. De qualquer forma, a possibilidade de algumas informações serem mal interpretadas em um ambiente crítico de segurança, como um centro de controle de sistemas de energia, é algo que não é admissível para ser resolvido em tempo real. Deve ser evitado pelo design adequado.

## 4.2 - Espaço e Tempo

Quando consideramos a importância de apresentar dados em mais de duas dimensões, devemos reconhecer o tempo como uma dimensão excepcional que merece tratamento específico. O primeiro ponto de vista ao analisar o tempo nas visualizações é considerar as possibilidades de usar o tempo junto com o espaço. Dix (6) resume 3 usos específicos de tempo na visualização:

- Tempo representando o próprio tempo - como quando vemos a animação de um objeto em movimento. O tempo pode ser manipulado aqui para acelerar a visualização quando comparado ao tempo real, especialmente com fenômenos muito lentos ou para localizar padrões em uma observação.
- Tempo representando mudança em algum parâmetro - permitindo a visualização de uma dimensão extra. Este é o caso de sucessivas imagens 2D de diferentes seções transversais de um sólido.
- Tempo mapeado na interação - onde há um tempo subjetivo do usuário associado à manipulação de diferentes parâmetros de uma visualização.

O segundo ponto de vista diz respeito às possibilidades de interagir com uma visualização, categorizando as operações básicas no tempo e no espaço. Uma variedade de técnicas individuais tem sido apresentada na literatura para a visualizar dados espaço-temporais, de uma maneira que dificulta que desenvolvedores e usuários selecionem métodos ou ferramentas úteis para seus problemas e domínios específicos.

Bach et al (7) apresentaram uma revisão de técnicas de visualização de dados espaço-temporais, descrevendo-as como operações de conjunto realizadas em um cubo conceitual de espaço-tempo. Eles apresentam uma visão sistemática da modelagem da visualização 3D combinando os conceitos de espaço e tempo. Basicamente, o cubo espaço-temporal conceitual possui três eixos: um eixo de tempo e dois eixos ortogonais chamados de eixos de dados. Os eixos de dados formam um plano chamado plano de dados.

Bach et al também introduziram uma taxonomia de operações elementares realizadas com o cubo espaço-temporal como suporte. Essa taxonomia é usada para visualizar e explorar modos pelos quais uma representação tridimensional possa ser combinada com visualizações bidimensionais associadas.

Além disso, os autores apresentam algumas ilustrações de como as operações podem ser usadas para descrever um conjunto de técnicas comuns de visualização estática de dados com base no tempo. As operações comuns são (uma descrição mais completa pode ser encontrada no artigo de Bach(3)):

- *Corte de tempo* - extrair um instantâneo temporal específico do cubo e apresentá-lo em combinação com outras operações, animações ou interações.
- *Achatamento de tempo* - reduzir o cubo ao longo de seu eixo de tempo mesclando todas as fatias de tempo em uma única imagem 2D. A FIGURA 5 apresenta um exemplo deste tipo de operação.
- *Justaposição do Tempo* - extrair várias fatias de tempo organizando-as lado a lado, em uma grade.
- *Corte de espaço* - extrair um corte plano em uma direção ortogonal a um plano de dados.
- *Achatamento de Espaço* - aplinar o cubo ao longo de uma direção perpendicular a um plano de dados.
- *Amostragem* - extrair cortes de espaço do cubo, girando essas amostras até que elas fiquem de frente

para o observador.

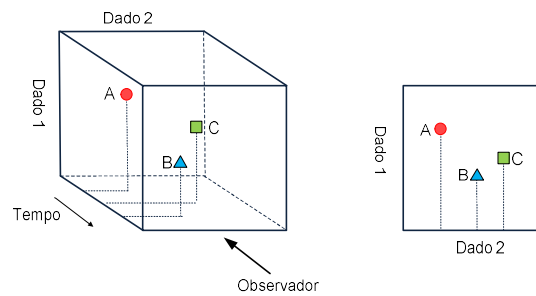


FIGURA 5 - Exemplo de Operação de Achatamento de Tempo com uso do Cubo Espaço-Tempo

Na nossa percepção este framework pode ser usado como base para entendimento e comunicação de ideias entre desenvolvedores, pesquisadores e usuários finais, no que diz respeito às possibilidades de utilização do fator tempo nas visões e interações gráficas. O cubo espaço-tempo constitui uma ferramenta poderosa para análise exploratória de situações operacionais, com particular potencial para uso em visualizações simultâneas sincronizadas de gráficos 3D e suas projeções ortogonais 2D.

Para exemplificar a proposta, a Figura 6 apresenta uma visualização de uma superfície em um gráfico 3D, com as respectivas projeções nos 3 planos. Para uso prático, no entanto estas 3 projeções nos planos seriam colocadas na forma ortogonal para o usuário, de maneira que possa interagir e observar valores quantitativos

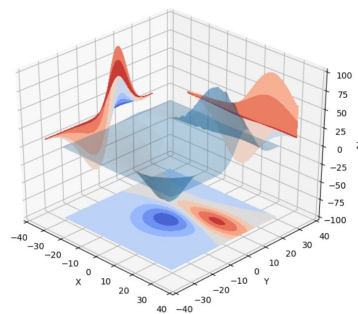


FIGURA 6 - Exemplo de Superfície 3D com respectivas projeções 2D

## 5.0 - ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO DE TRABALHO (DESKTOPS)

Em função da quantidade e variedade de informação disponível na sala de controle para monitoração e tomada de decisão, o operador tem que organizar os seu trabalho ao iniciar cada nova atividade a ser desempenhada ou problema a ser resolvido ao longo do turno, dentre uma parafernália de ferramentas, de fontes de dados, de diferentes sistemas computacionais. Nos desktops atuais diferentes ferramentas, fontes de dados e documentos são disponibilizados e coexistem nas consoles, mesmo que sem relação uns com outros. Ao iniciar uma nova atividade há necessidade de identificar dentro deste conjunto as ferramentas adequadas e localizar os arquivos e documentos pertinentes para o momento, o que acarreta ao usuário uma carga cognitiva de preparação, retardando o esforço e o foco do usuário na atividade de interesse.

A preparação e a execução de uma atividade específica durante o turno requer, segundo Ravaio et al (9) um conjunto de tarefas subjacentes básicas durante a organização de informações pessoais podem ser divididas em atos de manipulação, categorização, arquivamento e recuperação de informações. Ainda segundo estes autores a metáfora do desktops como área de trabalho, que se tornou padrão de fato das interfaces de usuário, nos trouxe problemas novos a serem tratados.

Um abordagem para se tentar reduzir esta sobrecarga de preparação de ambiente contempla uma nova maneira de se organizarem os recursos disponíveis no desktops das consoles de operação. O conceito chave é buscar-se um "Desktop Orientado a Atividade", que poderia ser caracterizado pelos seguintes aspectos:

- O usuário é responsável por declarar o tipo de atividade em que vai se concentrar a partir de um certo momento;

- O Sistema limpa o desktop atual (ícones de ferramentas, links para documentos, aceleradores, barras de tarefas) em determinados vídeos;
- O Sistema disponibiliza somente as ferramentas e aplicativos significativos para a atividade corrente já configurados de maneira específica;
- O Sistema organiza ícones no desktop em hierarquias que implementam um fluxo de trabalho e indica os passos deste fluxo;
- Os Documentos aplicáveis são disponibilizados diretamente (por exemplo Instruções de Operação) e algumas janelas de documentos já abertas e posicionadas de acordo;
- Documentos correlacionados são apresentados de forma agregada com suas eventuais revisões e ajustes (caso típico de Instruções de Operação);
- No caso de recuperação de documentos, suas referências devem utilizar indicadores claros do conteúdo do documento, evitando o recurso a uma nomenclatura (usualmente) padronizada para os nomes de arquivos ou documentos e ainda à navegação em hierarquias de diretórios;
- O Sistema disponibiliza consultas ("queries") pré-programadas ou implementa restrições implícitas nas futuras consultas para prover um maior foco na atividade corrente na produção de resultados das pesquisas;
- O Sistema segue disponibilizando janelas, ferramentas e documentos de acordo com a evolução do fluxo de trabalho previsto.

Um Desktop Orientado a Atividade poderia coexistir com desktops tradicionais (em monitores diferentes) para permitir ao operador o foco em uma atividade, enquanto acompanha outras visualizações em paralelo.

## 6.0 - CONCLUSÃO

Este estudo identificou algumas oportunidades para o uso de representações gráficas juntamente com facilidades de interação como promotores de capacidade de análise e decisão de usuários finais no domínio dos Centros de Controle. Identificamos características básicas, vantagens e deficiências de algumas propostas de visualização, juntamente com estruturas conceituais para fundamentar o desenvolvimento de novas ferramentas. Analisamos diferentes possibilidades de usar o tempo como recurso nas visões e interações. Observamos possibilidades desse uso direta e indiretamente em atividades tanto de monitoração como de análise exploratória, em particular com o emprego de visualizações 2D e 3D simultâneas e sincronizadas. Propomos nova forma de representação gráfica com aparente potencial de aplicação, relacionada à representação de tendência sintética baseada em ajuste de curvas e uso de curvas "spline". Esperamos que o conjunto de conhecimentos apresentados neste trabalho possa contribuir para a evolução dos métodos e ferramentas de visualização no domínio dos Centro de Controle e áreas afins, contribuindo para melhorar o nível de Consciência Situacional na Operação de Sistemas de Potência.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) POWER SYSTEMS ENGINEERING RESEARCH CENTER – PSERC, "Effective Power System Control Center Visualization – Final Project Report", PSERC Document 08-12, Urbana-Champaign, USA, May 2008.
- (2) STEWART, B., CIPOLLA, J., BEST, I., "Extraneous information and graph comprehension", *Campus-Wide Information Systems*, Vol. 26, pp. 191–200, 2009
- (3) ZACKS, J., Levy, E., TVERSKY, B, SCHIANO, D., "Reading bar graphs: effects of extraneous depth cues and graphical context", *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 4 No. 2, pp. 119-38, 1998.
- (4) BARFIELD, W., ROBLESS, R., "The effects of two- or three-dimensional graphics on the problem-solving performance of experienced and novice decision makers", in *Behaviour & Information Technology*, Volume 8, Issue 5, pages 369-385, 1989
- (5) St. JOHN, M., SMALLMAN, H. S., COWEN, M., "Designing for the task: Sometimes 2D is just plane better". In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 44th Annual Meeting*. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society, 2000.
- (6) DIX, A., "Time, space and interaction", *Proc. of FADIVA 3*, Gubbio, Italy, University of Rome. pp 99-103, disponível em <http://www.comp.lancs.ac.uk/computing/users/dixa/papers/FADIVA/>
- (7) BACH, B., DRAGICEVIC, P., ARCHAMBAULT, D., HURTER, C., CARPENDALE, S., "A Review of Temporal Data Visualizations Based on Space-Time Cube Operations", *Eurographics Conference on Visualization (EuroVis)*, STAR – State of The Art Report, 2014.
- (8) RUSSELL, A., BIELEWICZ, J., "2D vs. 3D Graphing Styles: A Comparison of the Accuracy of Reader Perceptions for 2D vs. 3D Graphs", Poster Presented at the 33rd Annual Western Pennsylvania Undergraduate Psychology Conference. Pittsburgh, PA, April 2005.



- (9) RAVASIO, P., SCHAR, S., KRUEGER, H., "In Pursuit of Desktop Evolution: User Problems and Practices with Modern Desktop Systems", ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 11, No. 2, June 2004, Pages 156–180.

#### 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Graduado em Engenharia Elétrica pela UERJ, com mestrado em Sistemas e Computação e doutorado em Engenharia de Produção ambos pela COPPE/UFRJ. Realizou pós-doutoramento em Ciência da Computação na University of Birmingham, UK. Como engenheiro em FURNAS participou no desenvolvimento de métodos e modelos computacionais para operação em tempo-real. Como pesquisador no CEPEL, participou de pesquisa e desenvolvimento em Ciência da Computação aplicada a sistemas elétricos de potência, com ênfase em Interação Humano-Computador, Visualização Gráfica, Arquiteturas Orientadas a Serviços e Arquiteturas de Integração. Participou de bancas de mestrado e doutorado nas áreas de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação.