

Sistema integrado de gestão da qualidade do transporte público de Maceió.

Paula Isanelle Correia de Araújo (coordenador), Relações Pública, Diretora do Sistema Integrado de Mobilidade de Maceió, paulaismtt@gmail.com, (82) 99926-1027 ¹; Ewerton Amorim de Oliveira, Graduando em Engenharia Civil, ewerton.oliveira.smtt@gmail.com, (82) 99104-5154 ¹.

¹ Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito (SMTT Maceió). Avenida Durval de Góes Monteiro, 829, KM 10, Tabuleiro do Martins. CEP 57061-000 // Fone: (82) 3315-3571.

1. RESENHA

Em Maceió, os dados operacionais do transporte público são alimentados em diversos sistemas ou planilhas, sem nenhuma conexão entre si. Por isso, viu-se a necessidade de criar uma aplicação para obter, calcular e divulgar os resultados dos indicadores da qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: indicadores de qualidade, Sistema WEB, processamento de dados.

2. INTRODUÇÃO

A qualidade dos sistemas de transportes é essencial para a melhor experiência do usuário.

O Sistema Integrado de Mobilidade de Maceió (SIMM) é legalizado pelo Edital de Concorrência Nacional CEL-SMG Nº 01/2015, que trata da concessão do serviço de transporte público coletivo de passageiros no município de Maceió. O edital promoveu a separação do município em 4 lotes, onde cada lote foi licitado a uma concessionária diferente, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Lotes licitados no edita de Licitação

Lote	Concessionária
100	Cidade de Maceió
200	São Francisco
300	Veleiro
400	Real Alagoas

O edital foi planejado pensando na criação de novas linhas e também na criação de integração tarifária utilizando a bilhetagem eletrônica. Para garantir a qualidade do sistema, foram previstos em seu Anexo 3 parâmetros de monitoramento contratual e indicadores de qualidade do serviço.

A análise transparente da qualidade do transporte público facilita a fiscalização e ações de melhoria. O SIMM conta com a obtenção dos dados operacionais advindos de diversas fontes e separados da seguinte forma: a) sistema interno para controle da operação (características de frota, linhas, programação de horários, itinerários, penalidades); b) documentos enviados pelas empresas sob a forma de planilhas (acidentes, falhas); c) informações georreferenciadas das viagens realizadas a partir de relatórios da empresa contratada para gestão da frota via GPS; d) quantidade de passageiros por linha a partir do sistema de bilhetagem eletrônica. Além de diversas fontes, existem diversos formatos (planilhas eletrônicas com diversas formatações, arquivos separados por vírgula (CSV), informações provenientes de bancos de dados online).

O cálculo dos indicadores de qualidade previsto no edital ocorre a partir da junção das diversas informações do sistema, o que parece uma tarefa árdua, visto que as conexões

entre quaisquer destas informações são bastante prejudicadas devido à diversidade de fontes e formatos.

Em contrapartida, viu-se a necessidade de criar um sistema que possa ler todas as informações do SIMM, unificar em uma única base de dados e facilitar o cruzamento de informações. Assim, o objetivo deste trabalho é a criação de um sistema web para facilitar a obtenção, armazenamento, cálculo e divulgação dos resultados dos indicadores da qualidade do Sistema Integrado de Mobilidade de Maceió (SIMM).

3. DIAGNÓSTICO, PROPOSIÇÕES E RESULTADOS

Foi desenvolvida uma aplicação WEB utilizando a linguagem de programação Python, linguagem de código aberto (Oliphant, 2007; Millman e Aivazis, 2011), utilizando algumas bibliotecas de terceiros: Django para facilitar a comunicação com internet (HOLOVATY, et al., 2005); Numpy e Pandas para processamento dos dados (Van Der Walt e Colbert e VAROQUAUX, 2011; MCKINNEY et al., 2010). Para análise, foram coletados dados de 2018, agrupados semestralmente em 2018.1 e 2018.2. A construção do sistema seguiu as seguintes etapas: a) modelagem de um banco de dados contendo dados de partidas, georreferenciamento, acidentes, falhas, reclamações, multas e dados operacionais das empresas; b) criação de módulos de leitura de cada tipo de dado; c) cálculo de indicadores de qualidade (índices de atrasos, tempo de viagem, acidentes, multas e reclamações); d) criação de tabelas e gráficos interativas para facilitar a criação de relatórios.

3.1 Modelagem de um banco de dados:

Foi utilizado um banco de dados em MySQL para facilitar e otimizar as consultas, conforme.

3.2 Criação de módulos de leitura de cada tipo de dado:

Foi utilizada a biblioteca Pandas para fazer a leitura dos arquivos das diversas fontes, adaptando o código para cada tipo. Em seguida, os dados foram salvos no banco de dados da aplicação. Foram feitos módulos para que os dados pudessem ser alimentados a partir dos arquivos por quaisquer pessoas conforme Figura 1:

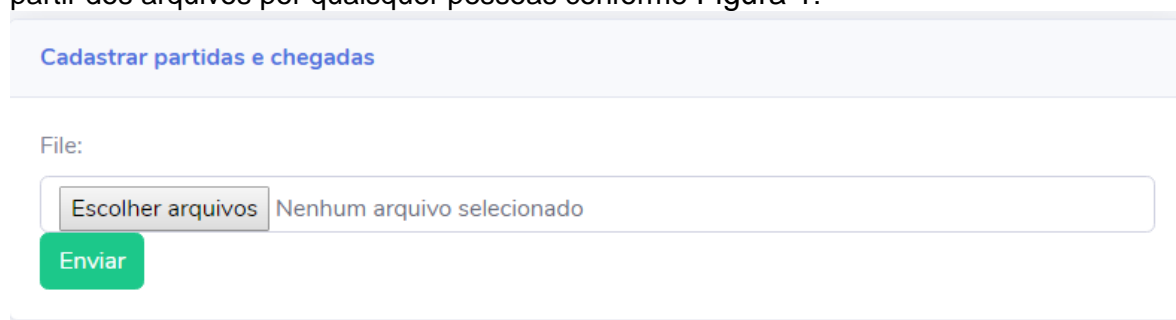


Figura 1 - - Plataforma de envio dos arquivos para base única

Dentre os demais tipos de dados, os que mais trouxeram complicações para obtenção e leitura dos dados foram os obtidos através de GPS devido ao tipo de relatório que só é possível obter um relatório por vez de um dia e uma linha. Ou seja, para obtenção dos dados de 1 dia, são necessários 106 relatórios, um para cada linha do SIMM.

Além disso, houveram muitos arquivos muito pesados, para isso, foram utilizados arquivos binários alinhado à compressão para o formato .zip. Reduzindo em aproximadamente 100 vezes o tamanho dos arquivos.

3.3 Cálculo de indicadores de qualidade:

Foram desenvolvidos códigos para cálculos dos seguintes indicadores:

3.3.1 Índice Médio de Tempo de Viagem (IMTV):

Este índice é calculado conforme Equação 1 e Equação 2 e busca encontrar a relação entre o tempo programado e o tempo executado em cada partida. Como resultado final, obtém-se um valor próximo de 1, classificado conforme Tabela 1.

$$ITV = \frac{\text{tempo programado da viagem}}{\text{tempo realizado da viagem}} \quad \text{Equação 1}$$

$$IMTV = \frac{\sum ITV \text{ (por dia, por linha e por sentido de operação)}}{\text{quantidade de medições}} \quad \text{Equação 2}$$

Tabela 1 - Classificação dos resultados do IMTV

Valor	Situação
IMTV > 1.1	Merece atenção! Tempo programado está maior que o realizado, aumentando a quantidade de carros nos terminais.
0.9 < IMTV < 1	Está de acordo com o parâmetro mandatório
IMTV < 0.9	Merece atenção! Tempo programado está menor que o realizado, provavelmente causando atrasos nas partidas.

Os dados do tempo programado são obtidos a partir das Ordem de Serviço de Operação (OSO) e as viagens realizadas são obtidas a partir do GPS.

3.3.2 Pontualidade Das Partidas Realizadas (CPP)

Este indicador é calculado através da Equação 3 e objetiva medir a pontualidade das partidas realizadas na linha visando a tomada de ações no sentido de melhorar a confiabilidade do atendimento.

$$CPP = \frac{\sum |hora programada - hora realizada|(\text{minutos})}{\text{tempo realizado da via quantidade de medições}} \quad \text{Equação 3}$$

Para melhorar a análise deste índice, foi calculado o percentual de atraso, para que fosse verificado o parâmetro mandatório deste índice que é equivalente a 3% de atrasos. Para cálculo deste percentual, foi tomado como base o segundo diretrizes do Anexo 6.4 do Decreto Municipal 7.269 de 11 de agosto de 2011, que verifica se uma viagem está atrasada ou não da seguinte forma: se a viagem qualquer tem mais de 10 minutos de atraso, a mesma já está atrasada automaticamente; caso o atraso seja de menos de 10 minutos, serão consideradas atrasadas as viagens cujo atraso ultrapasse metade do intervalo programado (em minutos). Foi verificado se cada viagem estava atrasada. Em seguida foi feita esta porcentagem das viagens atrasadas, somando a quantidade de atrasos e dividindo pela quantidade total de viagens.

Vale ressaltar que no cálculo do CPP, é admitido tanto atraso quanto adiantamento, todos somados em módulos para obtenção da mesma média, ou seja, o indicador representa qual a defasagem média (em minutos) entre a hora programada e a hora realizada

3.3.3 Índice de Acidentes por Quilômetro (IAQ):

Este indicador é calculado conforme Equação 4 e visa avaliar os tipos, frequência dos acidentes que possam pôr em risco a integridade física dos usuários, tripulação e terceiros.

$$IAQ = \frac{\text{Quilometragem percorrida}}{\text{número de acidentes}} \quad \text{Equação 4}$$

É um valor relativo e permite comparação entre as empresas. Quanto maior o valor do IAQ, melhor é a operação da empresa. O indicador dá uma ideia que quantos quilômetros, em média, os veículos em operação percorrem para que haja um acidente.

A quilometragem é obtida a partir das viagens realizadas reconhecidas pelo sistema de GPS, alinhada com sistema interno que calcula a quilometragem de cada linha (operacional e ociosa). O número de acidentes é obtido a partir de planilhas enviadas pelas empresas.

3.3.4 Média de Quilômetros Entre Falhas (MKBF):

Este indicador objetiva medir (Equação 5) a eficiência da manutenção na execução dos reparos corretivos e preventivos da frota, disponibilizando veículos seguros e confiáveis para a operação das linhas.

$$MKBF = \frac{\text{Quilometragem percorrida}}{\text{número de falhas nos veículos}} \quad \text{Equação 5}$$

É um valor relativo e permite comparação entre as empresas. Quanto maior o valor do MKBF, melhor é a operação da empresa. Este indicador dá uma ideia que quantos quilômetros, em média, os veículos em operação percorrem para que haja uma falha. Entende-se como falha o número total de veículos com problemas que interromperam o seu funcionamento, independente da necessidade de reboque.

A quilometragem é obtida a partir das viagens realizadas reconhecidas pelo sistema de GPS, alinhada com sistema interno que calcula a quilometragem de cada linha (operacional e ociosa). O número de falhas é obtido a partir de planilhas enviadas pelas empresas.

3.3.5 Índice de Conservação e Limpeza (ICL)

Este indicador visa representar o grau de desconformidade que caracteriza veículos sujos e malconservados em operação no Sistema de Transporte.

$$ICL = \frac{\text{Quantidade de passageiros}/100000}{\text{Quantidade de penalidades ou reclamações por conservação e limpeza}} \quad \text{Equação 6}$$

É um valor relativo e permite comparação entre as empresas. Quanto maior o valor do ICL, melhor é a operação da empresa. A quantidade de passageiros é obtida através da operadora de bilhetagem eletrônica. As reclamações são obtidas nos portais online e através do atendimento pelo canal de sugestões e reclamações pelo telefone. As penalidades são obtidas em um sistema interno de fiscalização. As reclamações e penalidades são filtradas para as que se encaixam com a temática de conservação e limpeza.

3.3.6 Índice de Reclamação dos usuários – IR

Este indicador visa aferir e acompanhar o grau de insatisfação dos usuários com relação à prestação dos serviços.

$$IR = \frac{\text{Quantidade de passageiros}/100000}{\text{número de reclamações}} \quad \text{Equação 7}$$

É um valor relativo e permite comparação entre as empresas. Quanto menor o valor do IR, melhor é a operação da empresa. A quantidade de passageiros é obtida a partir da quantidade total de passageiros em cada linha. O número de reclamações abrange as reclamações nos portais online e através do atendimento pelo canal de sugestões e reclamações pelo telefone.

3.3.7 Índice de infrações cometidas por motoristas e cobradores (IIO)

Este indicador visa acompanhar o desempenho dos Concessionários e seus operadores, relativo às irregularidades cometidas, conforme Regulamento de Operação, visando a implementação de ações para a melhoria dos resultados de trabalho.

$$IIO = \frac{\text{Número ponderado de autos de infração aplicados aos operadores}}{\text{Número de operadores da concessionária}} \quad \text{Equação 8}$$

Nos resultados, 1.00 equivale a 1 ponto de infração cometido por operador. É um valor relativo e permite comparação entre as empresas. Quanto mais próximo o valor do IIO estiver de 0, melhor é a operação da empresa.

3.4 Criação de tabelas, gráficos interativos e divulgação dos resultados.

A partir do momento em que se tem todos os dados em um único lugar, permitiu-se que quaisquer relatórios pudessem ser emitidos a todo momento. Dentre as vantagens de se utilizar o Python está a facilidade de bibliotecas e serviços gratuitos para diversos fins, entre elas, a plataforma PythonAnywhere, que permitiu a hospedagem do serviço de forma gratuita para que pudesse ser utilizada internamente no SIMM. O sistema conta com autenticação de usuários e com sistema de permissões capaz de separar ações para diferentes tipos de usuários, como gerentes das empresas, fiscais da Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito, Diretoria do SIMM, cada um com funcionalidades direcionadas para cada interesse.

A Figura 2 representa a página principal de obtenção dos resultados na aplicação. A partir dela é possível observar os valores calculados para cada índice, além de realizar filtros, para obter resultados por empresa, por linha e por período de análise.

≡



Figura 2 - Obtenção dos resultados

Os dados poder ser filtrados por empresa, e assim, ser obtido um relatório detalhado de cada linha do sistema, como pode ser verificado na Figura 3.

Empresa	Nome Indicador	Valor Indicador
37 - Salvador Lyra X Centro - Via Farol	ÍNDICE MÉDIO DO TEMPO DE VIAGEM (IMTV)	1.09 (min/min)/partida
37 - Salvador Lyra X Centro - Via Farol	PONTUALIDADE DAS PARTIDAS REALIZADAS (CPP)	5.85 min de diferença/partida
37 - Salvador Lyra X Centro - Via Farol	% de atraso	7.30 %
39 - Cleto Marques X Centro	ÍNDICE MÉDIO DO TEMPO DE VIAGEM (IMTV)	1.08 (min/min)/partida
39 - Cleto Marques X Centro	PONTUALIDADE DAS PARTIDAS REALIZADAS (CPP)	4.70 min de diferença/partida
39 - Cleto Marques X Centro	% de atraso	3.94 %
42 - T.I. B. Bentes X Centro - Via Santa Lúcia	ÍNDICE MÉDIO DO TEMPO DE VIAGEM (IMTV)	1.07 (min/min)/partida
42 - T.I. B. Bentes X Centro - Via Santa Lúcia	PONTUALIDADE DAS PARTIDAS REALIZADAS (CPP)	6.53 min de diferença/partida
42 - T.I. B. Bentes X Centro - Via Santa Lúcia	% de atraso	11.95 %
42 - T.I. B. Bentes X Centro - Via Distrito	ÍNDICE MÉDIO DO TEMPO DE VIAGEM (IMTV)	1.02 (min/min)/partida
42 - T.I. B. Bentes X Centro - Via Distrito	PONTUALIDADE DAS PARTIDAS REALIZADAS (CPP)	6.80 min de diferença/partida
42 - T.I. B. Bentes X Centro - Via Distrito	% de atraso	10.85 %
42 - T.I. B. Bentes X Centro - Via Salvador Lyra	ÍNDICE MÉDIO DO TEMPO DE VIAGEM (IMTV)	1.01 (min/min)/partida
42 - T.I. B. Bentes X Centro - Via Salvador Lyra	PONTUALIDADE DAS PARTIDAS REALIZADAS (CPP)	4.45 min de diferença/partida

Figura 3 - Detalhamento dos resultados por linha

Os dados podem ser filtrados também por tipo de dia e sentido da operação, de acordo com a Figura 4.

Filtrar por sentido

Ida

Volta

Ida + Volta

Filtrar por tipo de dia

Dias úteis

Sábado

Domingo

Todos os dias

Figura 4 - filtros dos resultados

Desta forma foi possível obter um panorama da qualidade do SIMM, os resultados foram obtidos utilizando muita informação, por isso constatou-se lentidão ao obter os resultados, cerca de 30 segundos, a partir da segunda requisição dos mesmos resultados, o que mostra que a aplicação ainda precisa ser otimizada. Por isso, foram emitidos relatórios em PDF e armazenados no [site da prefeitura de Maceió](#) para acesso livre por parte da população.

Os valores do IMTV apontaram para a necessidade de ajuste de programação de uma das concessionárias (Viação Cidade de Maceió) devido ao fato de que a maioria de suas linhas estavam sendo programadas com muita folga, apresentando IMTV de 1,22, onde a média das outras empresas era de 1,10. Quando se verifica as linhas com os maiores valores do IMTV, Tabela 2, pode-se constatar que a maioria das linhas com alto índice são desta empresa.

Tabela 2 - Valores do IMTV para as linhas mais problemáticas

Empresa	Valor Indicador
1019 - Alto Ipioca / F. Peixoto	1.84 (min/min)/partida
4002 - T.I B.Bentes X Grota da Alegria	1.45 (min/min)/partida
030 - Gruta / Centro	1.39 (min/min)/partida
027 - Vila Saem / Centro via Pitanguinha	1.36 (min/min)/partida
022 - São Jorge	1.35 (min/min)/partida

Os resultados do CPP não possuíram nenhuma empresa ultrapassando 10% da média foi obtido o valor de 7,86 minutos de média por partida para 2018.1 e 7,48 minutos de média por partida para 2018.2. Na Tabela 3 podemos ver as piores linhas em 2018.2 quanto ao CPP.

Tabela 3 - Piores linhas quanto ao CPP

Empresa	Valor Indicador
201 - Circular I - (Pontal) Via Ouro Preto	17.78 min de diferença/partida
4002 - T.I B.Bentes X Grota da Alegria	17.64 min de diferença/partida
812 - Cj.Carminha X T.I B. Bentes	16.06 min de diferença/partida
202 - Circular II (Trapiche) Via Ouro Preto	15.49 min de diferença/partida
706 - E. Gomes X P.Verde / Corinthians/J.Melo	15.13 min de diferença/partida

Quando calculado o percentual de atraso, todas as empresas têm uma média de atrasos por volta de 18%, com linhas ultrapassando os 30%, na Tabela 4 é possível verificar as piores linhas de 2018.2. Considerando que a tolerância seria de 3% de atraso segundo o edital de licitação, todas as empresas estão em situação crítica quanto ao número de atrasos.

Tabela 4 - Linhas com mais atraso em 2018.2

Empresa	Valor Indicador
1019 - Alto de Ipioca - F Peixoto-	37.50 %
230 - Forene X Trapiche / Farol/Poço/IDA	27.17 %
230 - Santos Dumont x Trapiche	21.65 %
013 - Cruz das Almas / Centro - Via Lad. Óleo	20.95 %
223 - Ipioca X Mercado - Poço/Saúde	20.25 %

Percebeu-se que mesmo com o alto índice de atrasos e penalidades, apresentou-se muito baixa a adesão da população com reclamações, o que indica a necessidade de que se tomem ações de propaganda que visem a inserção da política de reclamação dos problemas por parte do usuário.

A velocidade média do sistema é 21 km/h e serve como justificativa das empresas que o alto índice de atrasos se deve a isto, por isso foi feita uma análise mais a fundo sobre os atrasos. Foi desenvolvido um código para obtenção de relatório para encontrar os horários críticos de atraso, pode-se perceber na Figura 5 que em um intervalo de 22 dias, houve uma média de quantidade de atrasos de 16,4/22 no horário de 8 às 9h da linha 704 - Benedito Bentes / Ponta Verde (Via Farol), apontando alto índice de atrasos neste período. Assim permitiu-se encontrar períodos do dia em que os atrasos são mais comuns, para assim intervir, seja fiscalizando qual o problema em questão que está causando atrasos, ou seja ajustando a programação a fim de que uma programação mais leve seja cumprida.

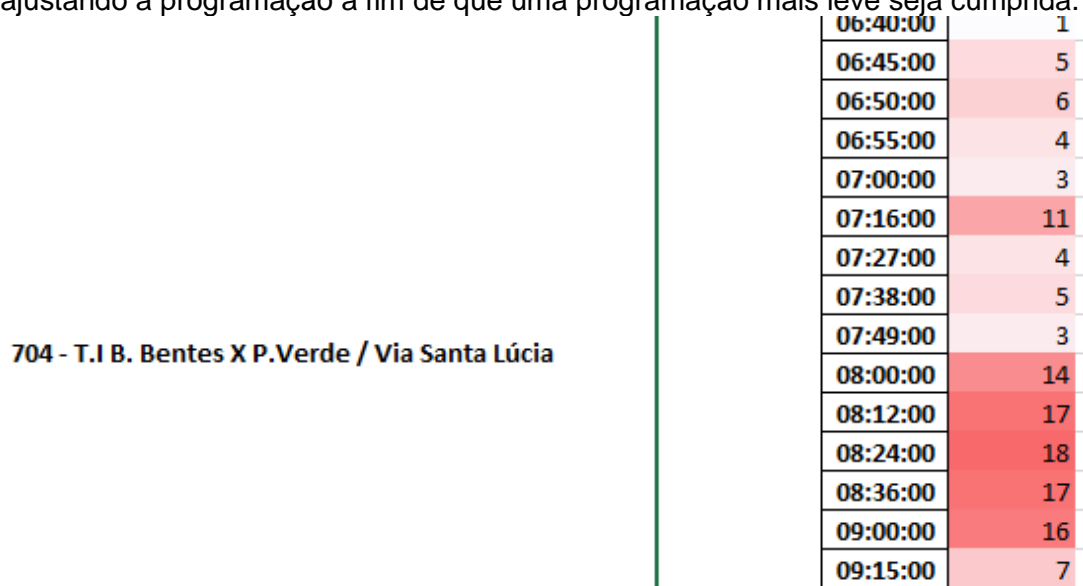


Figura 5 - Quantidade de atrasos por linha por horário programado

A partir desses apontamentos, pode-se ir à campo em horários e linhas problemáticas e fazer com que a fiscalização seja mais efetiva.

Os dados de acidentes passaram a ser georreferenciados para ajudar no controle de incidências, gerando mapas de calor para identificar as áreas mais críticas, conforme Figura 6:



Figura 6 - Mapas de calor de acidentes

Deste modo, a aplicação conseguiu contribuir com a operação, não somente dando uma visão do que já tinha acontecido, mas também contribuindo com a operação do SIMM, apontando onde agir para melhorar os índices de qualidade e oferecer um serviço melhor para a população.

4. CONCLUSÕES

O sistema se mostrou de fácil atualização e uso. Os resultados encontrados relacionados aos atrasos das viagens de Maceió se mostram alarmantes e ações devem ser tomadas para melhoria deste aspecto.

O sistema apresenta atualmente um grande potencial para auxiliar no monitoramento das empresas e abriu um leque de possibilidades de aplicações futuras a partir dos dados já alimentados e juntos em uma mesma base.

Pretende-se desenvolver mais relatórios para contribuir cada vez mais com a operação e manter o alinhamento em busca da melhoria contínua e correção de falhas na operação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HOLOVATY, A., et al . Django web framework fundation. 2005. Disponível em: . Acesso em 1 de ago. 2019.

MCKINNEY, Wes et al. Data structures for statistical computing in python. In: **Proceedings of the 9th Python in Science Conference**. 2010. p. 51-56.

MILLMAN, K. Jarrod; AIVAZIS, Michael. Python for scientists and engineers. **Computing in Science & Engineering**, v. 13, n. 2, p. 9-12, 2011.

OLIPHANT, Travis E. Python for scientific computing. **Computing in Science & Engineering**, v. 9, n. 3, p. 10-20, 2007.

VAN DER WALT, Stefan; COLBERT, S. Chris; VAROQUAUX, Gael. The NumPy array: a structure for efficient numerical computation. **Computing in Science & Engineering**, v. 13, n. 2, p. 22, 2011.